

~ EESTI ~
TAIMEKAITSE



~ 100 ~

Eesti taimekaitse saab 100 aastaseks. Suure juubeli puhul avaldame kogumiku, kus artiklite põhiteemaks on taimekaitse praegune olukord ja suunad algava uue aastasaja lävel. Esitame ka väikese ülevaate taimekaitsega seotud olnud inimestest.



Toimkond: Marika Mänd, Katrin Jõgar, Kaire Loit, Angela Ploomi
Toimetaja: Luule Metspalu
Kaanefoto: Enno Merivee
Kujundus: Eesti Loodusfoto

Väljaandja: Eesti Maaülikool, 2021
ISBN 978-9916-669-01-3



Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

www.emu.ee

Trükkis on välja antud "Teadmussiirde pikaajaline programm põllumajanduse, toidu ja maamajanduse tegevusvaldkonnas" toetusel.



EESTI
TAIMEKAITSE
100

Eesti Maaülikool
Tartu, 2021

SISUKORD

AJALOOST TÄNAPÄEVA ... 7

- 8 Taimekaitse areng Eesti Maaülikoolis
Marika Mänd
- 10 Muutused taimekaitsevahendite müügis Eestis
Margus Ameerikas
- 16 EVIKA algus, hiilgus ja langus
Viive Rosenberg

UUED KAHJURID JA HAIGUSED EESTIMAA AEDADES, PÕLDUDEL JA METSAS ... 21

- 22 Põllufauna muutused viimaste aastakümnetega
Tiiu Annuk
- 28 Pruunvöötaud *Lecanosticta acicola* (Thüm.) Syd. Tallinna Botaanikaaias
Anu Kaur, Pille Hermann
- 32 Pilguheit kartuliviirustele Eestimaal
Lee Põllumaa
- 36 Muutunud näoga lehemädanik ja muud probleemsed haigused Eesti kartulipõldudel
Eve Runno-Paurson
- 41 Ülevaade teraviljadel tuvastatud viirushaigustest ja kollasest roostest
Pille Sooväli
- 45 Uued ja hulgisigivad putukad metsa- ja pargipuudel
Kaljo Voolma

UUTE MEETODITEGA KAHJUSTAJATE VASTU ... 51

- 52 Meemesilased ja kimalased täppistaimekaitse teenistuses
Reet Karise, Marika Mänd
- 55 Põllukultuuride haiguste diagnostika edusammud
Riinu Kiiker, Kaire Loit, Britt Puidet
- 59 RNAi tehnoloogial põhinev täppistaimekaitse rapsikahjuritele
Eve Veromann, Liina Soonvald, Silva Sulg, Triin Kallavus, Riina Kaasik, Jonathan Willow
- 61 Alternatiivsed tõrjemeetodid rapsikahjurite haldamisel
Eve Veromann, Riina Kaasik

TAIMEKAITSEVAHENDITE TOKSILISTE TOIMETE UURINGUD ... 65

- 66 Putukate hingamismustrid ja neid mõjutavad tegurid
Reet Karise, Katrin Jõgar, Angela Ploomi, Luule Metspalu
- 72 Sünteetiliste taimekaitsevahendite madalate dooside kahjulik mõju
ja koosmõju tolmeldajatele ja põllukultuuride kahjurite looduslikele
vaenlastele
*Enno Merivee, Reet Karise, Eve Veromann, Risto Raimets,
Jonathan Willow, Anne Must*
- 78 Putukate sensoorne morfoloogia ja füsioloogia
Enno Merivee, Anne Must, Karin Nurme

VARIA ... 85

- 86 Fungitsiidiresistentsuse alased uuringud Eesti Taimekasvatuse Instituudis
Marite Juurik, Riinu Kiiker, Andres Mäe
- 89 Kimalaste soodustamine Eestis läbi Euroopa Liidu ühise
põllumajanduspoliitika
Eneli Viik, Reet Karise, Marika Mänd

INIMESTEST TAIMEKAITSSES ... 95

- 96 Taimekaitse uuringutega seotud inimesed Sakus
Erika Vesik
- 99 Meenutusi möödunust
Anne Luik
- 105 Elupilte olnust
Luule Metspalu
- 109 Külli Hiiesaar
- 113 Milvi Agur
- 115 Harry Karis
- 116 Kaljo Kivi
- 117 Heino Lõiveke
- 118 Ants-Johannes Martin
- 120 Johannes Müür
- 121 Peet Talvoja
- 122 Toivo Univer
- 125 Erika Vesik
- 126 Artur Villemsoo
- 130 Kaljo Voolma

EMÜ TAIMETERVISE ÕPPETOOLI TEGEVUSEGA SEOTUD INIMESED AJAS JA PILDIS ... 133



AJALOOST TÄNAPÄEVA

Taimekaitse areng Eesti Maaülikoolis

Marika Mänd

Eesti Maaülikool ▶ marika.mand@emu.ee

Tänavu möödub sada aastat päevast, mil Tartu Ülikoolis pandi alus Eesti taimekaitsealasele õppe- ja teadustööle. Selle saja aasta sisse mahub nii kiiret arengut, aga ka seisakuid ja suunamuutusi.

Taimekaitse ei alustanud tühjalt kohalt, vaid tugines juba varasematel sajanditel tehtud uuringutele. Esimesed avaldatud lood meie putukafaunast olid pärit 17-18. sajandi Peterburi ja Riia teadlaste sulest. Põllumajanduslik õppe- ja teadustöö algas Tartu Ülikoolis 1806. aastal. Esialgu taimekaitset iseseisvana õppekavades ei olnud, seda käsitleti teiste põllumajanduslike distsipliinide raames. Loengutes räägiti küllalt põhjalikult putukkahjureist ja nende tõrjest. Tänu Saksa päritolu professoritele jõudsid Kesk-Euroopa entomoloogilised teadusuudised kiiresti ka Eestisse ja Tartu Ülikooli. 19. sajandi teisel poolel tõusis päevakorda põllukultuuride kahjurite uurimine. Põhjuseks eelkõige teraviljakasvatuse kiire areng. Kõige enam panustasid taimekaitseliste probleemide tõstatamisse ja lahendamisse mõisate ametnikud, kellest paljud olid hariduse saanud Saksamaal.

Eestis sai taimekaitsealane õpe hoo sisse 1919. aastal, kui valitsus kinkis Tartu Ülikoolile Raadi mõisa maad. Ülikooli põllumajandusteaduskond rajas sinna mitmed katsejaamad, seal hulgas ka entomoloogia katsejaama, mille sisuliseks arendajaks sai Kaarel Leius. Aastal 1921 loodi ülikooli juurde rakenduszoologia kabinet. Aasta hiljem lisandus Raadile taimehaigustega tegelev katsejaam, mille esimeseks juhatajaks oli Teodor Bucholtz. Mõlemad katsejaamad olid oluliseks õppe- ja teadustöö praktikabaasiks, kus valmisid ka esimesed magistritööd. Siin uuriti erinevaid taimekahjustajaid ja nende tõrje võimalusi, katsetati taimekaitsevahendeid ja nende efektiivsust. Kummalgi katsejaamal oli üle maa ligi tuhandeliikmeline korrespondentide võrk. Nende kaudu saadi teada olulisematest põllu- ja aiakahjustajatest ning nende levikust Eestis. Oluline osa katsejaamade töös oli ka rahvahariduse edendamine ning taimekahjustajate bioloogia ja tõrje alaste trükiste levitamine. Lisaks tegutsesid katsejaama töötajad ka taimehaiguste inspektoritena.

Esimene Eesti riiklik taimekaitsekorraldus kehtestati 1935. aastal. Kaks aastat hiljem ühines Eesti rahvusvahelise taimekaitsekonventsiooniga. Uue taimekaitseasutuse vastuvõtuga moodustati eriasutus põllutöoministeeriumi juurde, mille alusel läks osa ülikooli ülesannetest, näiteks nagu taimekaitse üldjuhtimine ja taimekarantiini rakendamine, erikomisjoni hallata.

Teise maailmasõja järel tegutses Tartu Riiklikus Ülikoolis kaks eraldi olevat kateedrit: taimehaiguste ja põllumajandusbotanika kateeder (juhataja dots. August Marland) ning rakenduszoologia ja entomoloogia (juhataja v.-õp. August Eenlaid). Mõlemad kateedrid jätkasid tööd 1953. aastal moodustatud Eesti Põllumajanduse Akadeemia (EPA) koosseisus. Selle perioodi uurimistööd oli eelkõige

seotud keemilise taimekaitse arengutega. 1970–1980. aastate uuringud keskendusid agrotehniliste võtete ja taimekahjustajate leviku seostele.

1992. aastal võeti TA Zooloogia ja Botaanika Instituudi eksperimentaalentomoloogia labor taimekaitse instituudina Eesti Põllumajandusülikooli (EPMÜ, praegune Eesti Maakool (EMÜ)) koosseisu. Tänu ühinemisele koondus taimekaitsealane õpe EPMÜ alla. Instituudi esimeseks juhatajaks sai Uno Siitan (1992–1996), seejärel võttis juhtimise üle professor Anne Luik. Pärast viimase siirdumist Eesti Maaülikooli teadusprorektoriks sai juhatajaks professor Marika Mänd (alates 2008). 2005. aastal nimetati taimekaitse instituut ümber osakonnaks vast moodustatud Põllumajandus- ja keskkonna instituudis. 2017. aastal muudeti EMÜ struktuuri, mille käigus moodustati taimekaitse osakonnast taimetervise õppetool (juh. prof. Marika Mänd).

Taimekaitse alane teadustöö on viimastel aastakümnetel olnud väga hoogne. Lisaks bakalaureuse ja magistritöödele, on alates 2000. aastast kaitsnud 34 doktoritööd, millest 24 uurisid rakendusedentomoloogilisi ning 10 taimehaigustega seotud küsimusi. Praegu on õppetoolis tööl professorina Eve Veromann, külalisprofessorina Anders Kvarnheden, vanemteaduritena Luule Metspalu, Enno Merivee, Katrin Jõgar, Reet Karise, Norbertas Noreika ja Mati Koppel. Teaduritena töötavad Angela Ploomi, Anne Must, Karin Nurme, Risto Raimets, Eha Kruus, Riina Kaasik ja Jonathan Martin Willow. Doktorikraadi kaitses hiljuti ka peaspetsialist Kaire Loit. Teadus- ja õppetöösse on kaasatud 12 doktoranti/nooremteadurit.

Taimetervise õppetooli töötajate eesmärgiks on jätkusuutliku taimekaitse arendamine. Uudse aspektina on lisandunud laiem keskkonnakaitseline käsitlus. Uuritakse maastikustruktuuride ja põllumajandusliku intensiivsuse mõju tolmeldajate ja kahjurite looduslike vaenlaste arvukusele ja selgitatakse nende potentsiaali taimekaitselisest seisukohast. Uuritakse sünteetiliste pestitsiidide subletaalseid mõjusid kahjulikele ja kasulikele putukatele ning komplekselt taimede, taimekahjustajate ja -kasurite omavahelisi suhteid. Kõik need teadmised aitavad üles ehitada ka järjest enam väärtustatavat integreeritud ja mahepõllumajanduslikku tootmist.

Muutused taimekaitsevahendite müügis Eestis

Margus Ameerikas

Baltic Agro ▶ margus.ameerikas@balticagroestonia.com

Taimekaitsevahendite müügis ja kasutamises on toimunud Eestis viimastel aastakümnetel väga suured muutused. Peamiselt poliitiliste pöörete tõttu põhjustatud suunamuutuste alusel saab lähiajaloo jaotada kolme ajajärku:

- 1960–1991 Põllumajanduse kemiseerimise võidukäik kuni NL lagunemiseni;
- 1991–2004 Eesti Vabariigi taasiseseisvuse algusest kuni EL ühinemiseni;
- 2004–2021 EL liitumisest tänaseni.

Eelmise sajandi teisel poolel oli kogu maailmas põllumajanduse kemiseerimise periood. Erinevused olid vaid selles, et mujal maailmas nimetati seda ka roheli-seks revolutsiooniks – saagikused kasvasid tunduvalt ja näljahädast päästeti suur osa inimkonnast. Nõukogude Liidus aga ehitati väga palju taimekaitsevahendite ja väetiste tehaseid, agrokeemia toodete kasutamine kasvas hüppeliselt, kuid saagid jäid kahjuks endiselt madalale tasemele.

Eestis hakkas kasutatud pestitsiidide hulk kasvama eriti seitsmekümendate aastate keskpaigast, siis kui aastas ületati 400 tonni toimeainete piir. Kogused tõusid kuni kaheksakümendate teise pooleni, kui aastas töödeldi põlde üle 1400 tonni erinevate toimeainetega.

Toodete nimekiri oli väga pikk. Näiteks 1985 aasta väljaandes 'Pestitsiidid' on üle tuhande erineva nimetuse, nendest aga paljud sünonüümid. Sealjuures ainuüksi erinevaid insektitsiide oli näiteks nimekirjas 45. Tänapäeval võrreldes peab arvestama sellega, et paljusid tooteid kasutati väga suure kasutusnormiga. Näiteks kõrreliste tõrjeks kasutatav TKA maksimum kasutusnorm oli kuni 50 kg/ha. Suurim erinevus seisnes aga selles, et enamus nendest preparaatidest ei olnud vabalt kättesaadavad. Plaanimajanduse tingimustes valitses üldine defitsiit ja tooteid jaotas põllumajandusministeerium.

Suurimateks preparaatideks olid teravilja umbrohutõrjevahendid, aga ka kartuli lehemädaniku tõrje tooted, kuna selle kultuuri kasvupind oli maksimumaastatel ligi sada tuhat hektarit. Kõige enam levinud herbitsiidideks olid teraviljadel 2,4D amiinsool ja vähem MCPA, millega saadi lahti paljudest üheaastastest umbrohtudest, nagu malts, põldsinip jt. Mitmeaastaste ja talvituvate umbrohtude vastu oli nende toime aga nõrk. Seal oli kasutada Dialen, mis koosnes Venemaa omatoodetud 2,4D-st ja valuuta eest sisse ostetud dikambast. Toime oli väga hea, eriti talviljadel, kuid seda kaupa ei jätkunud ja oli saada vaid erijaotusega. Täna võib see olla arusaamatu, kuid siis sõltus mingi vajaliku toote saamine mitte niivõrd raha olemasolust, vaid headest suhetest jaotuskava koostajatega. Põllumajandusministeeriumis oli tollel ajal agrokeemia osakond, kus töötas sadakond inimest. Lisaks oli kõikides rajoonides Eesti Põllumajandustehnika (EPT) kaubabaasid agrokeemia osakondadega töötajate ja vaheladudega.

Kasutatud agrokeemiatoodete kogused aastate kaupa järjest kasvasid, kuid saagikus põldudel ei suurenenud samas tempos erinevatel põhjustel. Teravilja hektarisaagid jäid meil endiselt 2 t/ha piiresse. Aastased toodetud teravilja kogused kõikusid väga palju, keskmiseks tolle perioodi aastatoodanguks võis lugeda ligi 700 tuhat tonni. Üldise NL tööjaotuse järgi oli aga Eesti põllumajandus suunatud peamiselt loomakasvatusele. Teravili pidi toodetama Ukrainas, Kasastanis ja Vene-maa lõunaosas.

Mineraalväetiste kogused kasvasid Eestis analoogiliselt taimekaitsevahenditega. Saavutades kaheksakümnendate teisel poolel koguseks 250 tuhat tonni toimeainet aastas. Et paremini seda mahtu ette kujutada, siis jaotades see ära 60 tonnisesse raudteevagunitesse, oleks pidanud tulema Eestisse aastaringsest iga päev üks 20 vagunist koosnev ešelon. Tegelike saakidega võrreldes toimus selge üleväetamine, mis õnneks kestis vaid 20 aastat. Taoliste väetisekoguste juures oleksid hektarisaagid pidanud olema üle 6 tonni.

Taasiseseisvumise järgselt kasutatud agrokeemiatooted vähenesid väga suures mahus. Näiteks mineraalväetised 12 korda ja taimekaitsevahendid üle 20 korra. Üheksakümnendatel müüdi kogu Eestis vaid 60 tuhat tonni mineraalväetist aastas, mis oli eelmise kümnendi ühe maakonna kasutuskogus. Tollel perioodil toimus agrokeemiatoodete vähenemine ka Lääne-Euroopas, kuid seal vaid protsentides, mitte kordades nagu meil.

Nüüd on sellest ajast möödas juba 30 aastat, oleme vahepeal saakidega põllumuldadest viinud ära enam taimetoitaneid kui väetistega tagasi andnud, eriti kaalium ja fosfor. Nüüd oleks aeg jõuda tasakaalustatud taimede toitainebilansini ja agronoomiliselt põhjendatud optimaalse taimekaitseni.

Taimekaitse alase oskusteabe alal oli keskne asutus Taimekaitse Jaam Sakus koostöös Maaviljeluse Instituudi taimekaitseosakonnaga. Kokku oli seal väga suur erialane oskusteave asjatundlike taimekaitse spetsialistidega, maakondlike esindajate ja prognoositeenistusega. Kahjuks süsteem muudeti taoliselt, et tipptaimekaitse spetsialistidest moodustati järelevalve organisatsioon ehk inspeksioon. Oma eriala tippspetsialistidest said kontrollid, kes enam soovitusi anda ei tohtinud. Nõuandeteenistus, mis oleks pidanud seda asendama ei olnud aga tasemel ja pole taimekaitse alal kahjuks seniajani saanud piisavalt tugevaks.

Kaheksakümnendatel oli Eesti põllumajanduslik maa 1,3 miljonit hektarit. Üheksakümnendateks jäi sellest järgi 0,8 miljonit ehk ligikaudu pool miljonit hektarit jäi sööti või kasutusest välja. Põldude umbrohtumus oli väga suur. Silmapiirini vohavad põldohaka ja puju väljad olid siis väga tavalised ja seemnepuhmastega ohakad meenusid puuvillapõlde. Taimekaitset tehti vaid osaliselt – hädapärane kõige odavam umbrohtutõrje, taimehaiguste ja -kahjurite tõrje oli minimaalne. Sööti jäänud aladest võeti hiljem uuesti kasutusse ligikaudu 200 tuhat hektarit, kuid 300 tuhat hektarit põllumaad on senini võsastunud või muutunud metsamaaks.

Nõukogude Liidu lagunemise järgne periood Eestis

Toimusid totaalsed muutused nii taimekaitsetoodete kui varustuskanalite poolelt. Pööre oli täielik, sest varustuskanalid ida poolt katkesid, osad tehased lõpetasid

tootmise ning rublade eest ei olnud aga võimalik osta lääne tehaste toodangut. Maakondades olid endised agrovastustusbaasid väga suuremahuliste kaupade käitlemise võimalustega. Need erastati ja nad püüdsid jätkata endist tegevust erafirmadena. Näiteks Avaks Jõgevamaal, Kemotar Tartus, Varteko Pärnus jne. Otsiti lisatooteid ja alasid, kuid kogused muutusid väga väikesteks ja need ei katnud ära kasvavaid väga suuri amordikuluseid. Suurele osale endisest agrokeemia müügivõrgust sai saatuslikuks üheksakümnen-date lõpu finantskriis. Osad lõpetasid, kuid mõned tegutsevad tänaseni: Rapla Agrovastustus, Agrotarve Maardus, Lääne Agrovastutus Haapsalus jne. müües väga laias valikus erinevaid tooteid ja teenuseid, sealjuures ka teatud mahus taimekaitset, peamiselt väikeaiapidajatele.

Üheksakümnen-date alguses toimusid esmasel suuremal taimekaitsevahendite ostud-müügid riiklike rahastuste abil. Kasutati Maailmapanga laenu, mille puhul korraldati riiklikud tenderid, kus valiti välja parimad pakkujad hinna ja toodete kaupa. Laenu tagasimaksmise tähtajad olid väga pikad ja mõte oligi selles, et ostetud tooted müüakse põllumeestele ja saadud raha eest saab järgmisel hooajal jällegi uued tooted osta. Eesti Agrovastustus ja Eesti Sordiseeme seda süsteemi kasutasid, kuid hästi käima see ei läinud. Erinevalt näiteks Leedust, kus 3–4 kohaliku erafirmat said tänu sellele laenule hea algkapitali ja mõned neist tegutsevad seniajani.

Juba kaheksakümnen-date lõpus nägid lääne keemiafirmad, et ainuüksi Moskva keskustude kaudu tulevikus jätkata ei saa ja hakkasid erinevate piirkondadega võimaluste korral otse töötama.

Taimekaitsega tegelevad firmad Eestis taasiseseisvumise järgselt

Sandoz Agro avas Baltimaades esimese lääne keemiafirma esinduse aastal 1990.

Šveitsi firma tehniliseks konsultandiks oli Margus Ameerikas aastani 1997.

Tänaeni on turul tollest ajast tuntud tooted nagu Banvel, Mavrik, Apistan jt.

Ciba-Geigy oli maailma suurim taimekaitsefirma mida esindas Eestis Priit Palumaa alates aastast 1992. Mõne aja pärast, aastal 1995 asutas ta firma Agroskai, mis edaspidi esindas firmat Ciba, Novartis (tekkis Sandoz ja Ciba taimekaitse ühinemisel aastal 1997) ja Syngenta (tekkis Novartis ja Zeneca ühinemisel) kuni aastani 2008. Tuntumad tooted olid Tilt, Ridomil, Maxim, Agil jt.

Dual Agro alustas aastal 1992 ja oli Soome firma Kemira Agro edasimüüja Eestis 1995. aastani. Mehis Luik juhtimisel müüdi peamiselt Kemira väetiseid kuid ka nende poolt Soomes esindatud taimekaitsevahendeid erinevatelt tootjatelt kogu maailmast: Monsanto, DuPont, Dow jne. Tuntumad tooted olid Roundup, Granstar, Titus, Ridomil, MCPA, Decis, Tilt, Fastac, CCC, Kamposan, Trifuraliin, Starane jt.

Kemira Agro registreeris firma Eestis 1995. aastal ning jätkati varasemalt Dual Agro poolt alustatud müügiga ja taimekaitse toodete esindamisega. Sajandi vahetuse järgselt jätkati Kemira GrowHow ja hiljem Baltic Agro nimega.

Saak nimeline agrokeemiatoodete firma Leo Kruusa juhtimisel tegutses aastatel 1989–1999 asukohaga Järvamaal ning müüs Venemaa tehastest pärinevat kaupa ja Sandoz Agro tooteid põllumeestele üle Eesti.

Balti Agrokemikaalid esindajateks olid Heinrich Hagelberg 1992–2003 ja Raimond Rauba. Tuntumad tooted olid neil MCPA, MCPP ning firmalt Zeneca Karate, Reglone, Fusilade jne.

Agro-Chemical oli tüüpiline üheksakümnendate väikefirma Hillar Kirsi juhtimisel Tartumaal Nõos. Tegutses üle Eesti aastatel 1990–1999 ning tegeles eelkõige väga laia valikuga vanadest taimekaitsetoodete jääkidest ja lisaks muid preparaate erinevatest allikatest.

Agrimatco on rahvusvaheline põllumajandust teenindav ettevõte, mis alustas Eestis tegevust aastal 2004, esindajaks on Rein Tukk. Väga aktiivselt pole nad siin laienenud, kuid suurem tegevushaare on neil Venemaal, Valgevenes, Ukrainas, Lätis jne.

Berner on Soome firma, mis alustas Eestis tegevust aastal 1994, müües Bayer'i tooteid kuni aastani 2002 ning DuPont'i ja DowAgro preparaate kuni 2018. Esindajateks olid Marek Linnutaja 1994–2007, Evelin Vahter 2006–2017 ja Ingrid Tamla 2016–2018.

Kesko Agro oli Soome põllumehi varustav ettevõte, mis tegutses Eestis aastatel 1999–2009. Taimekaitsest müüdi peamiselt Bayer ja BASF tooteid.

Aventis moodustati pärast seda kui Rhone Poulenc ja Agrevo olid ühinenud ja tegutses Eesti aastatel 2001–2002. Esindajaks oli Virge Vasar 2001–2017. Aastal 2002 ühines Aventis Bayer CropScience'ga ja 2008 alustas tööd Janne Ehte. Tuntumad tooted olid Folicur, Baytan Universal, Input, Prosaro, Secator, Betanal jt.

Taimekaitsevahendeid müüsid iseseisvumise järgsel perioodil veel *Agriland*, *Pest-Chemical*, *Schetelig*, *Selteret*, *TÜ Maamees*, *Hydro Eesti* jt.

Agrokeemia tooteid müüdi taasiseseisvumise järgselt peamiselt läbi maakondlike edasimüüjate ehk müügivõrk oli kahetasandiline. Pärast finantskriisi ja Kesko Agro turule tulekut sajanivahetusel muutus konkurents eriti tihedaks ja varustussüsteeme oldi sunnitud muutma efektiivsemaks ehk üha olulisemaks muutus logistika ja enamus kaupadest toimetati otse põllumeesteni. Kogused olid aga väikesed, raha puudus andis tunda igal pool ja kõik olid kõigile võlgu, sest eksport oli minimaalne.

Eesti Vabariigi poliitika oli tollel ajal üks maailma liberaalsematest: turu kaitse puudus, sisse toodi imeodavat konkureerivat põllumajandustoodangut, teiste riikide toteeritud ja ülejäänud kaupa ning oma tootjate tugi oli minimaalne. Üheksakümnendate lõpu rahanduskriis Vanemaal ja Kagu-Aasias oli rängaks katsumuseks nii Eesti põllumeestele kui firmadele. Paljud oli sunnitud lõpetama. See oli väga karm aeg, aga samas ka teatud turu korrastumine ehk selginemine, sest ellu jäid vaid tublimad ja efektiivsemad. Euroopa Liiduga ühinemise ajaks oli toimunud juba suhteliselt suur kontsentreerumine, millised protsessid paljudes maades alles ees ootavad.

Keskmine viljatoodang oli EL eelsel perioodil Eestis veidi üle 600 tuhande tonni aastas.

Üheks verstapostiks Eesti põllumajanduses võib lugeda aastat 2005, siis kui esmakordselt eksporditi siinsetel põldudel kasvanud viljalaev. Meil oli siis suhteli-

selt hea vilja-aasta, Lõuna-Euroopa kannatas aga põua käes ja Hispaania oli meie esimene viljaostja. Teravilja- ja rapsikasvatus olid muutunud tasapisi majandusharuks millega sai ära majandada. Varasemalt toodeti vilja vaid oma loomakasvatuse söödaks ja raha teeniti liha ning piimaga.

Kasvavad ekspordi numbrid said võimalikuks vaid tänu saagikuse kasvule. Viieteistkümne viimase aasta jooksul on põldudel kasvatatavad kogused kasvanud kolm korda ja EL keskmisele jääme saagikuselt alla veel vaid ühe tonni jagu. Kaheksakümnendatel oli meil toitlustusprogramm, mis nägi ette toota teravilja üks tonn inimese kohta ehk 1,5 miljonit tonni. Esmakordselt koguti see kogus teravilja meie põldudelt kolmkümmend aastat hiljem ehk 2015.aastal.

Taimekaitsevahendite kasutamise kogused on samuti selle perioodi jooksul kasvanud. Suurim osatähtsus, ehk ligikaudu kaks kolmandikku on sellest herbitsiidid. Nendest omakorda kõige enamkasutatav on üldhävitav glüfosaat. Põhjus on väga lihtne: künnipõhisest mullaharimisest on mindud üle minimaalsele mullaharimisele või otsekülvile, tänaseks ligikaudu pooled põllud. Iga diiselkütuse uue aktiivsuse otsusega jääb künnipõhine maaviljelus vähemkonkureerivaks. Kui aga peaks üldhävitav herbitsiid keelustatama, siis on ainus võimalus minna tagasi künnipõhiseks ja põletada traktorimootorites ainuüksi Eestis ligikaudu 5 miljonit liitrit taastumatut loodusressurssi diiselkütust igal aastal enam.

Taimekaitsevahendite tootjad firmad Eestis seisuga 2021

- *Syngenta*: Kaupo Suik (alates 2011), Jaanika Kozlova (2014), Kadri Leetberg (2020). Tuntumad kaubamärgid: Axial, Moddus, Celest Trio, jt.
- *BASF*: Margus Saviste (2014), Alo Põldmaa (2016), Kristjan Kasearu (2018). Tuntumad tooted Butisan Avant, Cycocel, Terpal, Medax Max, Viverda, Capalo, jt.
- *Bayer* taimekaitse esindajateks on Eestis Janne Ehte-Tammiste (alates 2008), Madis Vaher (2014) ja Karel Kaldoja (2018). Tuntumad tooted on Baytan, Sekator, Input, Ascra Xpro, Decis, Folicur, Santara, jt.
- *Nordisk Alkali* on Rootsi ettevõtte, mis on tegutsenud Eesti turul aastast 2005. Kohalikuks esindajaks on Ingrid Tamla (aastast 2019). Tuntumad tooted on Lentagran, Ranman, Sluxx, Ergon, Diflanil, jt.
- *Corteva* nimeline pestitsiidide tootev ettevõtte moodustati 2019. aastal firmade Dow Agro ja DuPont taimekaitse ühinemisel. Eestis on esindajaks Priidu Adrian (aastast 2020). Tuntumad tooted on täna Tombo, Pixaro, Korvetto, jt.
- *Adama* ajalugu pärineb Iisraeli firmadest Makhteshim ja Agan ning nüüd ka partnerlus ChemChina. Eesti turul töötavad senini põhjamaade grupi toel, kuid on otsinud ka kohapealset esindajat. Tuntumad tooted on Agil, Goltix, Mavrik, Legacy, Kantik, jt.

Taimekaitsevahenditega tegelevad suuremad ettevõtted Eestis seisuga 2021

- *Baltic Agro*, alates 1995 endiste nimedega Kemira Agro ja Kemira GrowHow, taimekaitse tootejuht Kiti Krebs alates 2014;

- *Scandagra Eesti* alates 1997 endise nimega Farm Plant Eesti, taimekaitse tootejuht Urmet Hiiekivi alates 2012;
- *Kevili*, alates 2005, taimekaitse tootejuht Veiko Maastik, nõustaja Tiiu Annuk;
- *Linus Agro* tegutseb Eestis alates aastast 2020.

Kokkuvõte

Eesti taimekasvatuses on saavutatud vähemaga enam, kuid paljude probleemide korral püütakse senini näidata veel aastakümnete tagust seisu. Kindlasti ei olnud agrookeemiatoodete kasutamisega seis õige ei kaheksakümnnendate ülekasutamisel ega üheksakümnnendate alakasutamisel. Hinnangu andmisel tuleks eelkõige lähendada agronoomiliselt optimaalse, terve ja konkurentsita taimiku tagamise tasemest. See, kuidas me kõige väiksema energia, raha, tööjõu jt. sisenditega saavutaksime parima tulemuse, mis on ka väikseim surve keskkonnale, optimaalne süsiniku tasakaal ning mullaviljakuse kasv.

Eestis on täna kaks korda vähem põllumajandusmaad kui oli 80 aasta eest. Samas toodame 3 korda enam põllusaadusi kui veel 15 aastat tagasi ja seda 3 korda väiksema väetiste ja 1,5 korda väiksema taimekaitsevahendite kogusega kui kolmkümmend aastat tagasi. Eesti taimekasvatus on muutunud efektiivseks ekspordile suunitletud majandusharuks, üheks kõrgeima isearustatuse tasemega tootegrupiks (300%) ja annab olulise osa üldisest sisemajanduse kogutoodangust ning ekspordist.

EVIKA algus, hiilgus ja langus

Viive Rosenberg

► viiverosenberg@gmail.com

Kui alustasime 55 aastat tagasi Sakus, tolleaegses Eesti Maaviljeluse ja Maaparan-duse Teadusliku Uurimise Instituudi (EMMTUI) taimekaitse osakonnas esimeste meristeemkultuuri katsetega, ei olnud veel selles valdkonnas mujalgi maailmas märkimisväärseid tulemusi. Mõnel pool oli selleks ajaks saadud väikestest, mik-rooskoobi 25–30 kordse suurenemise all nähtavatest koelõikudest vaid üksikuid taimealgeid, mis ei olnud alati ka viirusvabad. Neid taimealgeid ei osatud veel pal-jundada ega kasvatada, rääkimata vastavatest tehnoloogiatest. Ei olnud teada tegu-rid, mis võiksid mõjutada väikestest meristeemilõikudest taimede regeneerumist ning viiruste elimineerimise efektiivsust.

Pärast EPA lõpetamist alustasin Sakus Endel Kaarepi käe all kartuli viirushai-guste määramise teemal. Endel Kaarep oli eelnevalt kaitsnud oma kandidaaditöö dekoratiivtaimede viirushaigustest ning oli hakanud innukalt tegelema kartulivii-ruste määramise ja viirusvaba seemnekartuli saamisega.

Tollel ajal olime Nõukogude Liidu koosseisus ning seetõttu oli raske saada infot mujal maailmas toimuvast. Endel Kaarepil oli õnnestunud lugeda ühe Hol-landi teadlase aednelgi meristeemkultuuri rajamise katsetest ning sellisel teel vii-rusest tervendamise idee kohta. Nii tulimegi mõttele hakata koekultuuriga katse-tama, seades eesmärgiks taimede viirustest ravimise ning terve istutusmaterjali paljundamise ja kasvatamise. Alustasime aednelgi ja kartuli meristeemi kultiveeri-mise katsetega 1966. aasta sügisel. Sellest kujunes väikese hulga inimeste pikaaja-line ja edukas töö.

Töö koekultuuridega sai toimuda vaid antiseptilises keskkonnas ning vaja oli ka vastava kliimaga kasvatuskambreid. Nende loomine ei olnud tookord lihtne. Vajalikud vahendid tuli ise hankida või välja mõelda ning valmistada. Toitesegude valmistamise ja antiseptilistes tingimustes töötamise põhitõdesid õppisin tolle-aegse mikrobioloogia osakonna vanemteaduri Väino Lastingu ja taimekaitse osa-konna teaduri Heino Lõivekese juhendamisel. Esialgu tuli katsetada erinevaid toi-tesegusid, lootes, et nendel võiksid meristeemist taimed regenereeruda. Aluslahusena kasutasime esialgu vaid Knopi lahust. Sinna lisasime kasvuregulaatoreid, mis sti-muleeriksid väikesest ühetaoliste rakkudega koelõigust uue organismi regeneree-rumist. Katsetasime mitmete kättesaadavate kasvuregulaatoritega, nagu näiteks gibbereliin ja heteroauksiin, lisasime ka kartulivartest, tomativiljadest, hobukastani munadest ning kookospähklist tehtud tömmiseid. Esimesed taimealged kartuli meristeemist regenereerusid 1967. aastal, need olid praktiliselt ilma klorofüllita kollased ja kidurad. Paremad ei näinud need välja ka väliskirjanduse piltidel.

Pärast seda, kui käisin Moskvast Taimefüsioloogia Instituudis Dr Butenkolti juures konsulteerimas, algasid uued katsetused, sest sain Moskvast kasvuhor-moone kinetiini ja adenini. Uutes katseseeriates uurisime kinetiini ja adenini

sobivat kogust toitelahuses ning nende mõju meristeemi regeneratsioonile. Uurisime ka nende kasvuhormoonide mõju erinevatele sortidele, meristeemilõigu suurusele ning meristeemi kultiveerimise ajale kuude lõikes. Modifitseerisime mitmete autorite poolt loodud mineraalseid toitelahuseid, täiendades neid regeneratsiooni stimuleerivate lisanditega. Parimaks osutus toitesegu, mille saime Murashige-Skoogi toitelahuse modifitseerimisel, täiendasime seda kasvuhormoonide ja mitmete teiste komponendidega. Sellel toitesegul regenereerusid 4–7 nädala jooksul 0,2–0,3 mm suurustest kartulitaimede meristeemilõikudest 12 kuni 20 varre- ja juurealgetega rohelist taimkest. Samuti saime teada, et tulemused sõltusid sordi omapärasest, meristeemilõigu suurusest ning kultiveerimise aastaajast. Olenevalt sordist regenereerus taimedeks 46–87% koelõikudest, märgatav vahe oli regenereerumise kiiruses ning taimede kvaliteedis. Need olid tollel ajal suurepäraseid tulemusi, mis said aluseks tervendustehnoloogiale.

Järgmisena tuli uurida kuidas saada sellised meristeemtaimed, mis oleksid ka viirustest vabad. Ei olnud teada, millised tegurid võisid mõjutada viiruste elimineerimise efektiivsust. Inglise ja Kanada teadlaste arvates meristeemmeetod üksi ei olnud tõhus. Nad alustasid taimede soojusravi katsetega enne meristeemi opereerimist. Ehitasime ka Sakus taimede soojusravi kambri, kuid selles ei pidanud kartulitaimed kuigi kaua vastu. Hiljem täiustasime soojusravi kambrit nii, et taimede juured sai paigutada madalamale temperatuurile kui varred. Niisuguses soojusravi kambris pidasid kartulitaimed 38–40 kraadises temperatuuris vastu isegi 10 nädalat. Nendest katsetest saime teada, et nelja kartuliviiruse elimineerimise efektiivsus oli suurim taimede 8 nädalase soojusravi järel. Sellisel juhul olid 100% taimedest kartuli-Y, -M, -S ja 91,6% -X viirustest vabad. Edasisest katsetes paljude sortidega selgus, et viirustest tervendamise edukus sõltus ka sort-viirus kombinatsioonist. See tähendas, et mõnele sordile piisas 6 nädala pikkusest soojusravist ning mõnel sordil oli kergemini elimineeritav üks või teine viirus. Katsete tulemusena oli meil tervendustehnoloogia, mida sai kasutada nii kodu kui välismaiste kartulisortide ning ka krüosanteemide, nelkide ja veel mitmete teiste taimede tervendamiseks taimehaigustest. Tehnoloogiale omistati 1983. aastal ka autoritunnistus (patent SU 1025373).

Töötasime rakendusliku suunaga teadusasutuses, seetõttu oli meie uurimistööde eesmärgiks saada kohe praktikas kasutatavad tulemused. Kartulikasvatusele oli vaja kiiresti ning suurel hulgal tervet kvaliteetset seemnekartulit. Häid tulemusi saime kartulitaimede *in vitro* paljundamisel ning modifitseerisime selleks otstarbeks ka efektiivse toitesegu. Kuigi taoline paljundusviis levis ka majandites, ei olnud see keerukuse tõttu kõikjal rakendatav.

Vajadus sundis meid uusi lihtsamaid ja odavamaid paljundusmeetode looma. Nii sai kartulitaimede paljundamine võimalikuks väljaspool katseklaasi turbasubstraadil plastikrullides, mis 1986. aastal tunnistati leiutiseks (SU 1501318). Koostöös Simuna Katsejaama teadlastega uurisime meristeemtaimedest mugulate kasvatamist avamaal. Tulemuseks oli täiesti uudne lahendus, mis tunnistati 1988. aastal leiutiseks (SU 1678255).

Meie loodud kartulitaimede paljundamise ja esimese mugulpõlvkonna kasvatamise tehnoloogiad olid võrreldes mujal kasutusel olevate meetoditega lihtsad, efektiivsed ja keskkonda säästvad. Viirushaigustest tervendamiseks toodi kartulit

peaaegu kõikidest NL vabariikidest, aga ka Rootsist. Meil tervendatud taimi viidi ka Soome ja Hollandisse.

Meristeemselt tervendatud seemnekartuli põllud levisid kiiresti ja seemnekasvatajatel ei olnud enam vajadust põldudel haigeid taimi praakida või kloonvaliku meetodi tarvis üksikuid terveid taimi valida. Tollel ajal oli EVIKA iseseisev teadus- ja arendusasutus. Teadustulemuste juurutamise mahtu iseloomustavad järgmised andmed: 1980 aastatel oli 190–103 majanduslepingut Eestis, 28–35 Lätis, 40 teistes NL liiduvabariikides. Katsed viidi läbi ka Soomes, Rootsis ja Hollandis. Hollandi AGRICO firma tegi tõsiseid pingutusi, et osta meie tehnoloogia, aga selle kasutamine Hollandis jäi mitmetel põhjustel ära. Teatud ajal olime Eestis ühed edukamad teadlased, meil olid head tulemused ning unikaalne laborikompleks. Huvi EVIKA tulemuste vastu oli sedavõrd suur, et meid külastasid inimesed üle maailma. Näiteks ühel enne taasiseseisvumise aastal külastas EVIKA teaduskeskust 40 välisdelegatsiooni.

1985–2015. aastatel oli meil kaubamärk EVIKA, mis tähendas taotlemise esitamisel „Eesti Viirusvaba Kartul”, aga enne kui kaubamärgi omistamise otsus Moskvast (kestis 2 aastat) ära tehti, arenes meie tegevus maasikale, dekoratiivtaimede ja viljapuudele, nii, et kaubamärk EVIKA tähendas selle saamisel „Eesti Viirusvaba Kartul ja Aiakultuurid”, ning hõlmas ka selle-alast teadustööd.

Olime veendunud, et kui teadustöötaja tunneb hästi uuritavat objekti, siis oskab ta teemasid püstitada ning ei teki eluvõõraid järeldusi. EVIKA-s tegeldi taimede tervendamisega taimehaigustest tervendatud taimede paljundamise ja nendest istutusmaterjali kasvatamisega. Seetõttu oli vaja uurida ka taimehaigusi, taimede liike ja sorte ning nende vahelisi seoseid haigustekitajatega. Nii uuriti EVIKA-s ka kartuli viirushaigusi, nende tunnuseid ja levikut. Uuriti ka teisi ohtlikke taimehaigusi nagu kartuli värtnakujuline viroid PSTV. Uuriti ka kartuli lehemädanikku eeskätt meristeemkloonide resistentsust erinevatele tüvedele *in vitro* ja põllutingimustes. EVIKA teadustöötajatest said tunnustatud spetsialistid kartulikasvatuse, taimehaiguste, maasika ja viljapuude asjatundjad ja seetõttu sooviti nendelt ka asjatundlikke nõuandeid, esinemisi ja kirjutisi.

Eesti taasiseseisvumise järel hakati teadust reformima. Üheks suundumuseks oli teadusasutuste liitmine ülikoolidega, mille käigus pidi EVIKA liituma Põllumajandusülikooliga (praegu Eesti Maaülikool). 1998. aastal sai EVIKA-st teadusarendusasutus: Eesti Põllumajandusülikooli Taimebiotehnoloogia Uurimiskeskus EVIKA. Reformide käigus muudeti ka rahastamine ja teadlaste tulemuslikkuse hindamine. Rahastamise allikaid loodi mitu ning igal aastal tuli uuesti projektidena finantseeringuid taotleda. Teadlaste edukuse hindamisel said peamiseks või sageli ka ainumääravaks rahvusvahelistes väljaannetes avaldatud artiklid. Hiljem hakati nõudma neid 3 või 5 viie aasta jooksul. Raskusi tekitas see põllumajandusteadlastele, sest taimekasvatustes saab tulemusi tõseks pidada mitme aasta katsetulemuste põhjal. Nõuded olid samad kõikidele taotlejatele, need kelle teemat rahastati 5 miljoni ulatuses või neile kellele eraldati vaid 0.2 miljonit aastas. Raken-
dusuuringud ning nende tulemused loeti hindamisel väärtusetuteks. Sageli olime nõutud, kui saime lugeda meie projektide rahastamata jätmise põhjusi. Tundus, et need ei olnud kirjutatud asjatundjate või asjasse tõsiselt suhtuvate ekspertide poolt.

Toon siin vaid mõned näited. Ühel juhul tõi ekspert puuduseks selle, et EVIKA-s ei olnud välismaiste teadlastega ühiseid projekte. Kui ta oleks meie taotluse esimese lehekülje läbi lugenud, oleks saanud teada, et meil oli tol korral 4 ühisprojekti. Või näiteks, kui meie projekt sai välismaistelt ekspertidelt maksimaalse positiivse hinnangu, arvas keegi siin, et see oli ülehinnatud. Asjatutmatu tundus ka väide, et Viive Rosenberg oli sordiaretaja, mida sageli mainiti kui dubleerimist. Üllatav oli ka see kui enne teadusasutuste reformimist hinnati Eesti teadusasutuste tegevuse tulemuslikkust, siis nüüd jagati EVIKA tulemused 50 töötaja ja 20 teadustöötajaga, mis viis meie näitajad 26 teadusasutuse hulgas eelviimasele kohale. Üllatav oli asjaolu seetõttu, et EVIKA-s töötas kokku 25 inimest ning nende hulgas vaid 6 teadustöötajat. Siin ei aidanud meiepoolsed selgitused, EVIKA taha oli pandud märk, mis tähendas asutuse likvideerimist. Kui EVIKA teadlaste avaldatud tööde, majanduslepingute, kaitstud disserdatsioonide, teadusprojektide hulk ning mõned muud näitajad oleks jagatud tegeliku töötajate arvuga, oleks EVIKA koht olnus eespoolt teine.

Liitumisel Põllumajandusülikooliga 1998. aastal olid EVIKA teadlastel omad ootused. Nendest peamisteks olid EVIKA teadlaste osalemine õppetöös, üliõpilaste ja noorteadurite kaasamine uurimistöösse ning nende juhendamine. Loodeti ka tihedamat koostööd teiste EPMÜ teadlastega. Investeeringute vahendeid oli selles olukorras võimalik saada ainult EPMÜ kaudu.

Tegelik olukord kujunes hoopis teiseks kui lootsime. EVIKA teadlaste osalemine regulaarses õppetöös ja üliõpilaste kaasamist uurimistöösse jäi olemata. Kraadiõppurite (3 magistrit, 2 doktorit, 3 doktoranti) teadustöö kuludeks ettenähtud rahasid EVIKAle ei eraldatud. Tekkisid raskused infrastruktuutri kulude katmisega, mida, suurendas ka üldkululõivu eraldamine EVIKA vahenditest keskusele.

Eesti Maaülikooli struktuurireformi tulemusena 2005. aastal kaotas EVIKA iseseisvuse täielikult ning muudeti Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi töögruppiks. Toimunud reformid põhjustasid ebastabiilsuse, puudus positiivne moraalne suhtumine ning huvi sisulise tegevuse ja tulemuste vastu. Tekkisid probleemid EVIKA jätkamises Sakus.

Raskete läbirääkimiste tulemusena liideti 2006. aasta juulis EVIKA Eesti Maa-viljeluse Instituudiga. EVIKA-st sai Eesti Maaviljeluse Instituudi taimebiotehnoloogia osakond EVIKA. Teaduse finantseerimiseks olid iseseisvad projektid ning ka majanduslepingud. Eesti oli siis juba Euroopa Liidu koosseisus ning kehtisid EL kartuli seemnekasvatuse reeglid, kus ei olnud ette nähtud kartuliistikute paljundamine ja kasvatamine tootjate juures. Nii sai EVIKA tervendada ja meristeemtaimi anda vaid Jõgeva SAI seemnekasvatusele, kus jätkati EVIKA-s loodud meetodite kasutamist. Nii muutus majanduslepingute hulk minimaalseks.

2013. aastal toimus EVIKA sundliitmine Eesti Taimekasvatuse Instituudiga, mis asub Jõgeval. EVIKA olukord muutus tunduvalt halvemaks. Teadustöötajate arv oli enne liitmist 6, pärast vaid 3, tühistati kaubamärk EVIKA, mille järgi tunti 30 aasta jooksul meie teadustööd ja tehnoloogiaid kogu maailmas. Enam ei eraldatud EVIKA-le raha projektide järgi vaid kulupõhiselt ning kulude suuruse määras keskus. Nii ei saanud enam hankida EVIKA-le vajalikke vahendeid ega arendada tegevust. EVIKA töötajaid ei kaasatud teadusnõukogu töösse ning nende otsustus-

õigused jäid minimaalseks. Näiteks ei arvestatud instituudi arengukava koostamisel EVIKA töötajate ettepanekuid ning varem EVIKA teadusnõukogus kinnitatud temaatika jäeti välja. Pidurdati arendustegevust ning innovatsiooni, samuti katkes side põllumeestega. Lõpetati traditsioonilised üritused nagu aastalõpu kartulise-minar ja kevadised lahtiste uste päevad, mille käigus tutvustati EVIKA teadustöö ja tulemustega, korraldati taimede ja kartulisortide näitusi. Lõpetati maasikate ja viljapuude istikute müümine omavahendite teenimiseks. Puudus motiivatsioon uusi projekte taotlema.

Võitlus EVIKA allesjäämise ja rahastamise eest hõlmas suure osa töötajate ajast. Tulemused hakkasid alla käima. Töötajate suhtumine muutus, paremad väljaõppinud inimesed leidsid töö mujalt. Sageli ei kasvanud taimed enam hästi ning sorte aeti segamini, mida varem kunagi ei juhtunud. Uued ideed jäid teostamata, sest need ei olnud ülemuste poolt ette nähtud või soovitud.

On kahetsusväärne, et Sakus asunud ainulaadne spetsiaalselt välja ehitatud ning sisustatud kompleks taimebiotehnoloogia alase alus- ja rakendusuuringute, innovatsiooni ning arendustegevuse tarbeks likvideeriti 2020. aastal. Maja oli täis töökorras seadmeid ning sisustatud ruumid taimede *in vitro* kasvatamiseks ning geenipanga säilitamiseks ka ekstreemsetes olustikutingimustes. Kahtlemata oli selline unikaalne teaduskeskus ja selles säilitatav geenipank vajalik Eesti riigile ka edaspidi. Jääb loota, et rohkem kui 40 aasta jooksul EVIKA-s kogutud *in vitro* geenipanga paljude taimeliikide sordid säilitatakse Jõgeval ning nendega ka aktiivselt tegeldakse. Samuti loodame, et EVIKA-s loodud taimekloonid ja meetodid on ka edaspidi abiks praktikutele.

Lõpetuseks

50. aasta jooksul arendasime taimebiotehnoloogia teemat mitmes suunas. Teemal on kirjutatud ligikaudu 350 artiklit, kaitstud 5 doktorikraadi, 4 magistrikraadi ning üle 20 lõputöö. Oleme loonud innovaatilisi tehnoloogiaid ja saanud 4 patenti.

Laiendasime uurimistöö paljudele taimeliikidele sh ka looduslikud käpalised. Eriti väärtuslikuks saab pidada meristeemkultuuris tekkinud somaklonaalsete variatsioonide uurimistööd ja tulemusi. Selline EVIKA töötajate poolt avastatud fakt on tõenäoliselt seletatav taimedes paiknevate uinuvate geenidega, mille kohta praegu ei ole veel palju teada. Taimede geneetiliste ressursside *in vitro* kogumise ja pikaajalise säilitamise osas olime ühed esimesed maailmas. Uurisime paljude taimeliikide ja sortide pikaajalise *in vitro* säilitamise võimalusi luues neile optimaalseid tingimusi. Katsetasime kartulitaimede *in vitro* säilitusvõimalusi ka ekstreemsetes tingimustes juhaks kui pikemaks ajaks kaob elekter või küte. Praegu ei ole teada veel milliseid katastroofe võivad kaasa tuua kliima muutused või inimeste agrassiivne tegevus. Taimede geenipank võimaldaks tagada toiduga kindlustatuse, teadlased olid ettenägelikud ning tegid tööd tuleviku suunas.

EVIKA-s tehtud uurimistööde, nende tulemuste ning rakenduste kohta koostasime monograafia „50 aastat meristeemkultuuri Eestis, uurimused ja rakendused“ (2020). Monograafia saab olla abiks nendele, kes tunnevad huvi EVIKA nime kandnud teadus- ja arendusasutuses toimunud uurimistööde ja tulemuste kohta.

UUED KAHJURID JA
HAIGUSED EESTIMAA
AEDADES, PÕLDUDEL
JA METSAS



Põllufauna muutused viimaste aastakümnetega

Tiiu Annuk

Põllumeeste ühistu KEVILI ▶ tiuu.annuk@kevili.ee

Sissejuhatus

Viimase paarikümne aasta järjest pehmemad talved, pikemad sügised, varajasemad kevaded ning muutused ilmastikus on mõjutanud tugevalt meil esinevad taimekahjureid ja -haigusi. Kahjurite suurenenud arvukust ning haigustesse lööbimist on soodustanud järjest enam minimeeritud harimise kasutuselevõtt, kõrdekülvid ning vähene kündmine. Viimasel ajal on trend siiski sinnapoole, et adrad on jälle au sisse tõstetud, sest erinevaid kahjustajaid on väga raske tõrjuda, sageli praktiliselt võimatu. Lisaks kahjuritele ja haigustele on probleeme tekitamas erinevad invasiivsed umbrohud nt **kahar luste**. Lisaks on soojad ja pehmed talved soodustanud taliviljade kasvatamist külvikorras järjest suurematel pindadel. Täna enam pole harv nähe, kus tootja kogu põllumajanduslik maa on taliviljade all. Eelkõige kasvatatakse talirapsi, vähem talirüpsi. Teraviljadest on suurem osakaal talinisul, vähem rukkil, taliodral ja tritikalel.

Rapsikahjustajad

Kui paarkümmend aastat tagasi oli meil tavaline rapsikahjur **hiilamardikas** (*Brassicogethes* spp.) on tänaseks peale hiilamardikate olulisteks kahjuriteks muutunud ka **varre-peitkärsakas** (*Ceuthorrhynchus pallidactylus* sün. *C. quadridens*), kelle poolt tekitatud kahju on hinnanguliselt 20% ja enam, **kõdra-peitkärsakas** (*Ceuthorrhynchus assimilis*) ning **kõdrasääsk** (*Perrisia brassicae* sün. *Dasyneura brassicae*). Alates 2010. aastate algusest on kõdrasääse arvukus tõusutrendil. Reeglina põhjustab talirapsil kahjustusi kõdrasääse esimene põlvkond ning peamised kahjud tehakse äärealadel, kuid esineb ka olukordi, kus soodsates tingimustes liigub kahjur põllu sissepoole ning suur osa kõtradest on kõdrasääse poolt asustatud. Tugevamini kannatavad väiksemad põllud, suurtel põldudel on kahjustused enamasti põllu äärtel.

Muutused on toimunud ka toidutaimede eelistuses. **Kapsakoi** (*Plutella xylostella* sün. *P. maculipennis*), kes varasemalt oli pigem ristõieliste köögiviljade kahjur, on vallutanud rapsi- ja rüpsipõlde. Esimeses suuremad kapsakoi ründed rapsile ja rüpsile olid 2013. aasta juunis. Kapsakoi arvukus ja tema rüüste erineb aastati – tõusuperioodid vahelduvad mõõnaga, seejuures võib vahe olla 10–15-kordne. Massilise leviku aastatel võib kahjustatud saada kuni 90% taimedest ja pea-aegu kogu saak võib hävida. Eestis annab kapsakoi kaks põlvkonda, mõnel aastal ka kolm. Varasemalt loeti teise põlvkonna kahjustust juulis-augustis olulisemaks, kuid tänu rapsikasvatuse laienemisele, tekitab olulisimat kahju esimene põlvkond, eelkõige suvirapsile. Püsivalt soojade ja kuivade ilmade korral süüakse lehed roo-

dudeni paljaks. Seega võib kapsakoi märkimisväärselt alandada saaki. Talirapsil kahjustavad vastsed noori kõtru ja seemneid.

Lisaks loomulikult juhukülalised, kes teatud aastatel on väga arvukad olnud. Üks neist on **lina-tähtöölane** (*Autographa gamma*), kes on tavaline soojade tuultega Lõuna-Euroopast meile saabuv rändliik. Viimase 15. aasta jooksul on esinenud mitu masspaljunemise aastat. Nende arenguks optimaalne temperatuur on 23–30 °C. Liblika viljakus on väga kõrge, keskmiselt 500–600 muna, soodsates tingimustes mitu korda rohkem. Röövikud on mitmetoidulised ning meie põldudel on rüüstete all enam kannatanud rapsid ja põldoad. Maa-ala taimestik hävitatakse väga kiiresti ning liigutakse uutele aladele. Taimedest jäävad järele vaid rootsud. Viimane masspaljunemise aasta oli 2018. juulis. Lina-tähtöölane talvitub mullas nukuna, kuid meie külmadele talvedele ta üldjuhul vastu ei pea.

Aeg-ajalt on talirapsile **naeri-lehevaablase** (*Athalia colibri*) kolmas põlvkond põhjustanud kohati märkimisväärselt kahju. Viimasel kolmel aastal on ta juba talirapsil tavaline kahjur, keda peab seirama. Ebaröövikud roodavad kultuuri lehti ning suure kahjustuse korral jäävad järele vaid rootsud. Seni on kahjustused on olnud lokaalsed ning taimede kiire kasvu korral enamasti vähemärgatavad. Väga tavalised on ka **maakirpude** (*Phyllotreta* spp) sügiseseid ründed talirapsile, **kapsa-tuhktäi** (*Brevicoryne brassicae*) kolooniad taimedel ning **kaevandikärbsse** (*Scaptomyza flava*) esinemine.

Talirapsi osakaalu suurenemine külvikorras on toonud kaasa ka muutused haiguste esinemises. Viimastel aastatel tuleb erilist tähelepanu tuleb pöörata just sügisel nakatuvatele haigustele nagu **mustmädanik** ehk **fomoos** (*Phoma lingam*, *Leptosphaeria maculans*), mis tekitab rapsil juurekaela- ja varremädanikku. Kahju suurus varieerub sorditi, oleneb viljelusviisist ja aastast. Üksikutel aastatel võib põhjustada kuni 60% saagikao, mis on arvestatud nii vähenenud tuhande tera massi, lamandumise ja hädaküpsuse järgi. Mustmädanikku tekitaval patogeenil esineb rapsi kasvuhooajal ainult üks haigustsükkel. See tähendab, et haigus ühelt taimelt teisele ei kandu vaid kogu arengutsükkel läbitakse ühe taime piires. Fomoosi patogeenid arenevad kõige kiiremini soojades ja märgades tingimustes. Haiguse levikut taimejäänustelt noortele taimedele aitab prognoosida temperatuuri ja sademete seis juulist septembrini. Peamiseks riskiteguriks on ilm, taimede kasvufaas ning sordiomadused.

Tsüliindrosporioosi (*Pyrenopeziza brassicae*, *Cylindrosporium concentricum*), esines erakordselt palju 2020. aasta kevadel. Varasemalt nii massilist levikut pole täheldanud. Nakatumine võib toimuda varases kasvufaasis. Rapsi lehtede nii alakui ülapoolele võivad ilmuda haigustunnused juba sügisel, tavaliselt siiski alles kevadel. Need on väikesed valkjad ümmargused täpilised laigud. Saagilangus tekib lehestiku hävimisest, kõtrade kahjustusest ja nende enneaegsest avanemisest. Haigus võib levida ka teiste ristõieliste (kõik kapsa liigid, valge sinep) ja peedi põldudelt. Haigust kannavad edasi ka ristõielised umbrohud.

Vertitsilloos ehk **närbumistõbi** (*Verticillium longisporum*) on mulla kaudu leviv haigus nn. tüüpiline viljavaheldushaigus. Kahjustuse tulemusena saabub taimedel hädaküpsus, mistõttu seemned jäävad peeneks ning seemnesaak väiksemaks. Esineb piirkondades, kus on rapsi kasvatatud intensiivselt pikka aega.

Vertitsilloos nakatumisel võivad saagikaod haiguse tugeva lööbimise korral ulatuda 25–50%-ni. Nakatumise ulatust ja ohu tõsidust saab iga kasvataja ise hinnata rapsi põllul vahetult pärast koristamist: vertitsilloosi nakatunud taimedel on pruunid varred. Varre epitermise alla moodustuvad arvukad tillukesed mustad mikrosklerootsiumid ehk seenemügarad. Nendega võib haigus mullas säilida aastaid.

Lisaks eelnimetatud haigustele esineb igal aastal rapsidel ja rüpsidel **kuivalaiksust** (*Alternaria brassicae*) ning **valgemädanikku** (*Sclerotinia sclerotium*), teatud aastatel võib sügiseti talirapsil näha **tõusmepõletikku** (*Phoma lingam*) nakatunud taimi. Väga oluliselt mõjutab rapsikasvatust **ristõieliste nuutri** (*Plasmodiophora brassicae*) esinemine. Soojus, optimaalne temperatuur 18–25 °C ja niiskus on selle haiguse arenguks suurepärane. Mullavees idanenud rändeosed tungivad peremeestaime (ristõielised kultuurid) juurtesse ning põhjustavad taimedel juurekahjustusi. Viimased sügised on olnud meil väga pikad ja soojad ning seetõttu on nuutrisse levik suurenenud plahvatuslikult.

Siinkohal tahaksin jagada teavet tänavu 2021. aasta kevadel leitud haigusest talirapsipõllul. Tegemist oli **tüfuloosiga** (*Typhula* spp.). Seni oli meil teada samasse perekonda kuuluvad mullaseened *Typhula borealis* ja *T. incarnata*, mis tekitavad tüfuloosi teraviljadel. Tõenäoliselt võib olla tegu kas liigiga *Typhula gyrans*, *T. brassicae* või *T. ishkariensis*, see on praegu selgitamisel laboris. Minu andmetel pole seda haigust Eestis talirapsil varem tuvastatud. Seda, et tegemist on tüfuloosi sklerootsiumitega, kinnitas ka ETKI vanemteadur Pille Sooväli. Saksamaal on põhjustanud lumerohketel talvedel haigust mullaseen *Typhula gyrans*, kirjanduse järgi on Poolas leitud rohkem *T. ishkariensis* liiki. Tegemist on pigem juhusliku haigustekitajaga ja mingit ohtu rapsikasvatusele ei kujuta.

Teraviljade kahjustajad

Teraviljakahjuritest on meil tavalisemad **lehetäilased** (*Aphididae*), **ripslased** (*Thripidae*) ja **viljakuked** (*Lema* spp.), kuumal ja kuival kevadel kui suviteraviljad tärkavad, on kahju tekitanud ka **kõrsvilja-maakirbud** (*Phyllotreta vittula*). Seevastu **rootsi kärbes** (*Oscinella frit*) on meil alates 2018. aastast olulist majanduslikku kahju tekitav kahjur. Kohati on taliviljad hävinud 80–90% ulatuses. Eelkõige on ohustatud rootsi kärbse poolt need põllud, millel teravili järgneb teraviljale. Väga suure riskiga on need põllud kui rukis järgneb rukkile, talioder taliodrale või rukki järgi on talioder jne. Väiksema riskiga on talinisu põllud, kuid kahjustusi välistada ei saa siis, kui eelviljaks on teravili. Lisaks taimeliigile võib kahjustus varieeruda ka sorditi. Samuti sõltub kahjustuse intensiivsus mullastikust ja piirkonnast. Kahjuri hulgalisel esinemisel jäävad põllule suured tühikud.

Väga huvitav leid oli 2020. aastal **rohuhipikute** (*Chaetocnema*) esinemise ulatus. Kohati oli kahjustatud suured piirkonnad suviviljade põllul, eelkõige põuakartlikumates kohtades. Tõugud hävitavad võrseid, närides taimel läbi alumisi kõresõlmi, samuti esines neid võrse alusel. Visuaalselt on sarnane kahjustuspilt rootsi kärbse poolt tekitatud kahjustusele – võrse keskmine leht närbub. Hiljem asustatud taimedel tekkis hädaküpsus. Täna veel ei saa seda oluliseks kahjuriks nimetada, kuid ilmastiku muutustel on olnud kindlasti mõju selle putuka arvukuse tõusule.

Nimetatud kahjurit tuleb kindlasti edaspidi jälgida ja vaadata kui laialt ta meil levinud on.

Lisaks eelmainitud kahjuritele võivad mõnel aastal oluliselt kahju tekitada ka **lehevaablaste** ebaröövikud, kes toituvad tavaliselt taimede ülemistest lehtedest nii, et järele jääb vaid kõnt. Aeg-ajalt, kui haritakse rohumaa üles on näha ulatuslikke **naksurlaste** (*Elateridae*) kahjustusi, kuid midagi uut selles pole.

Teraviljakasvatustes on jätkuvalt probleemiks tavapärased, meil enamlevinud haigused nagu **kõrreliste jahukaste** (*Erysiphe graminis*), **nisu helelaiksus** (*Myco-sphaerella graminicola* sün. *Septoria tritici*), **nisu-pruunlaiksus** (*Pyrenophora tritici-repentis*), **võrklaiksus odral** (*Pyrenophora teres* f. *teres*) ning **fusarioosid** (*Fusarium* spp.).

Kõrreliste jahukaste levib meil igal aastal, kuid tänavu 2021. aasta varakevadel oli talinisudel näha, et jahukaste on orasel talvitunud, mida ma varasemalt pole täheldanud. Jahe ja niiske kevad soodustab jahukastesse nakatumist ja selle edasist levikut. Väga soodsaid jahukaste aastaid on enne ka olnud, kuid et juba kasvupe-rioodi alguses lume alt välja tulevad taimed on jahukastes, seda pole enne kohanud.

Samuti levib igal aastal **roostehaigusi** (*Puccinia* spp.), nii **harilik kõrrerooste** (*P. graminis*), **pruunrooste** (*P. recondita*) kui ka **kaera-kroonrooste** (*P. coronata*), kuid sellist **nisu kollase rooste** (*P. striiformis*) levikut nagu 2021. aastal Eestis, pole mina viimase 20. aasta jooksul täheldanud. Haigus on levinud teatud piirkondades epideemiana ning terved põllud on nakatunud. Soodsates oludes kestab haiguse arengutsükkel seitse päeva. Saagikaod varasel nakatumisel lehestiku kiire hävimise tõttu ulatuvad tõenäoliselt 50%-ni või enam.

Taliviljade suure osakaaluga külvikorras ja eelnevale lumisele talvele oli erakordselt palju näha 2019. aasta kevadel **tüfuloosi** (*Typhula incarnata*). Haigusetekitaja säilib sklerootsiumidena mulla pinnal või 1 cm paksuse mullakihi all, kus on eluvõimeline 2 aastat. Seega on nakkus tõenäoline siis, kui talivili on kaks aastat järjest samal põllul. Nii oli 2020. aasta kevadel taliotradel näha punakaspruune 1,5–5 mm läbimõõduga sklerootsiume. Tähelepanuväärne on see, et varasemalt nii ulatuslikke kahjustusi pole täheldatud.

Taliodra intensiivsema kasvatamisega on hakanud levima **äärislaiksus** (*Rhynchosporium commune*). See kahjustab ka rukist, kuid seal kohtab teda siiski harva. Rukkil on viimastel aastatel rohkesti **tungaltera** (*Claviceps purpurea*). Tungalterasse nakatumist soodustavaid tegureid on mitmeid, kuid üheks põhjuseks on kindlasti minimeeritud mullaharimine, samuti võib arvata, et kuna seen oma elutegevuse käigus eritab suhkrurikast magusamaitselist helekollast vedelikku ehk mesikastet, mis sisaldab lugematul arvul eoseid, meelitab see putukaid ligi ja nii kannavad putukad niidistikult eralduvaid lülieoseid edasi teistele õitele, millest omakorda arenevad sügiseks tungalterad. Probleemid tekivad seemnete turustamisel, kuna tungaltera on mürgine nii loomadele kui inimestele.

Põldoa kahjustajad

Ligi kümmekond aastat tagasi hakati herne kõrval kasvatama ka põlduba. Täna-seks on ta juba tavaline põllukultuur külvikorras. Koos oakasvatusega on saabunud

meile **oa-teramardikas** (*Bruchus rufimanus*), kes kahjustab meil peamiselt põlduba. Aeduba kahjustab **aedoa-teramardikas** (*Acanthoscelides obtectus*). Kahjurid on sisse toodud Lõuna-Euroopast külviseemnega. Mardikate arvukus Eestis on oluliselt tõusnud, kuna nad on meie praegustes ilmastikutingimustes võimeline ka looduses talvituma. Kuigi oa-teramardikas ei mõjuta oluliselt põldoa saagikust, muudab see seemnete kaubanduslikku väärtust, välimust ja idanemisomadusi. Idupoolset osa kahjur sageli ei puutu, nii võib ka idanevus sellistel auklikel seemnetel olla küllalt hea. Toidu jaoks selline auklik seeme enam ei kõlba, küll aga loomasöödaks. Lisaks on kahjustatud seemned vastuvõtlikud haigustele, eelkõige rooste ja juurehaigustele. Peale koristust tuuakse oa-teramardikad seemnega lattu, laos nad edasi ei kahjusta, küll aga tulevad teradest välja. Kui kuivatamisel kasutatakse madalat temperatuuri siis seemnetes olevad vastsed ja nukud jäävad ellu. Talve laos veedavad nad kas diapausis (füsioloogiline puhkeseisund, ebasoodsate tingimuste üleelamiseks) vastse või nukuna. Probleem on ka põldoa turustamisel, kuna elusate putukatega seemneid pole lubatud eksportida.

Suurim risk nakatumiseks on siis, kui uued oapõllud rajatakse eelmise aasta põldude lähedusse. Samuti on põllu servad suurema kahjustusega. Lisaks suureneb oaseemne ladude läheduses olevatel põldudel oa-teramardikate risk. Mardikate aktiivsus suureneb, kui temperatuur tõuseb üle +20 °C, üle +25 °C temperatuur on nende arenguks väga soodne, samas kui alla +15 °C temperatuur ja märg ilm limiteerib nende liikuvust. Vihm, tuul ja alla +20 °C temperatuur hoiab tagasi munemisprotsessi. Haigustest on põldoal levinud **põldoa laikpõletik** (*Ascochyta fabae* = *Didymella fabae*), mis on peamiselt seemnete kaudu leviv ja areneb edasi seemnikutel varsti peale tärkamist. Teine laialt levinud ja tavaline haigus tänaseks on **põldoa-šokolaadilaiksus** (*Botrytis fabae*). Lisaks olen märganud teatud aastatel nii **põldoa roostet** (*Uromyces fabae*) kui ka **ebajahukastet** (*Peronospora viciae*).

Maisikahjurid

Eestimaal kasvatataval maisil oli senini küllaltki vähe kahjureid. Nimetada võib **tumedat viljanaksurit** (*Agriotes obscurus*), kelle tõugud kahjustavad noorte taimede varsi. Samuti võib kõne alla tulla **rootsi kärbes** (*Oscinella frit*), kelle vastsed võivad hävitada noorte taimede südamiku.

Olukord muutus kardinaalselt 2021. aastal, kui paljud meie maisikasvatajad leidsid maisi kahjustamas kurikuulsa **maisileediku** (varreleedik) (*Ostrinia nubilalis*). See on kõigis maisikasvatuspriirkondades väga ohtlik kahjur. Meil on seda liiki väikesel hulgal kogu aeg esinenud, toiduks senini nähtavasti teised taimeliigid. Selline invasioon maisile oli esmakordne. Kahjustus: murdunud pöörised, tõlvikud ja varred, auklikuks näritud lehed. Toitumiskohal närimispuru ja röövikute väljaheiteid. Liblikas on öise eluviisiga, kes muneb munad taime lehtede alaküljele. Munast koorunud röövikud tungivad leherootsu, taimevarde, tõlvikusse. Talvitub vastsenä taimetarred kõige alumises osas. Nukkub järgmise aasta aprillis-mais. Soojemates piirkondades võib anda suve jooksul 2–3 põlvkonda, meil seni teadaolevalt üks põlvkond aastas. Kliima soojenemise tingimustes võib olukord muutuda.

Ripslased maasikatel

Aastaid tagasi polnud **ripslased** (*Thripidae*) maasikakahjurina üldse arvestatavad, kuid viimasekümnenäädil on nende arvukus märkimisväärselt tõusnud ning täna loeme me neid üheks olulisemateks maasikate kahjuriteks. Maasikakasvatajatel võib ripslane põhjustada kuni 80% saagikadu, mida oli näha 2018. aastal kui ilmas-tik oli nende levikuks eriti soodne. Milline ripsalaseleik maasikaid kahjustab, pole praeguseks veel kindlaks määratud.

Limused (*Mollusca*) põldudel

Minimeeritud harimine, kõrdekülvid ning taliviljade osatähtsuse suurenemine on toonud viimase 15 aasta jooksul põldudele limused (teod ja nälkjad). Seda kinnitab asjaolu, et limuseid esineb rohkem just nendel aladel, kus viljeldakse minimeeritud harimist ja kõrdekülvi. Nende maaharimisvõtetega liigutatakse pinnast vähem ja limustel on paremad ellujäämisvõimalused. Soodsad varjevõimalused on eelkõige taimejäänuste all, kuna muld ei kuiva seal nii kiirest ära, samuti ei hävitata nende mune mullatükikeste alt. Praktika on näidanud, et siiski ka küntud aladele pole alati limustest pääsu. Ohustatud on ka külvid peale ristikut ja rohumaad, kuna terve hooaja on seal saanud nälkjad ja teod segamatult paljuneda ning ka külvieelne harimine ei hävita neid täielikult. Eelkõige hävitatakse idanemas olevad ning kohe pärast idanemis noored rapsi ja rüpsi taimed. Nälkjate suhtes pole kaitstud ka talite-raviljakülvid. Teraviljadele on kõige suuremaks ohuks, kui nälkjad kahjustavad ida-nema hakkavat, niiskusest paisunud seemet. Neile meeldib toituda seemne sisust, idust ja noortest arenevatest juurtest. Suuremad kahjustused tehaksegi enne tärka-mist. Hilisemas faasis võivad limused toituda taime lehtedest ning hävitada kasvu-kuhiku. Kahjustatud piirkond laieneb kiiresti ning tulemuseks on tühikud põldudel või hävitatud külvid. Tõrje tegemata jätmine võib tuua kaasa suuri kahjustusi.

Pruunvöötaud *Lecanosticta acicola* (Thüm.) Syd. Tallinna Botaanikaaias

Anu Kaur, Pille Hermann

Tallinna Botaanikaaias ▶ anu.kaur@botaanikaaias.ee

Sissejuhatus

Seoses viimaste kümnendite keskmisest kõrgemate talviste temperatuuridega on muutunud aktuaalseks uued taimehaigused. Okkahaigustest on erilise tähelepanu all vöötaudid, mis Eestisse sattununa ohustavad meie majanduslikult tähtsat harilikku mändi.

Punavöötaudi *Lecanosticta pini* Sydow. esmasleid oli Eestis (sh Baltikumis) 2006. a eksootmännil ja juba 2007. a leiti teda harilikult männilt, mis andis põhjust oletada, et pruunvöötaud võib sama kiirelt levida ja minna ka harilikule männile. Pruunvöötaudi ja punavöötaudi tekitajad on sõsarliigid, mis peaaegu alati uutaladel on varem või hiljem järgnenud üksteisele. Pruun- ja punavöötaudi tekitajad on sarnaste tunnustega patogeenid. Pruunvöötaudi esmaseks nakkustunnuseks on oranžid/kollased nakkuspunktid rohelistel okastel. Hiljem muutuvad need pruunideks vöötideks, mille servas on kollane triip. Haigusetekitaja nakatab okkaid väikestel taimedel kogu võra ulatuses ja noortel puudel rohkem võra alumisel kolmandikul. Haigus nakatab enam 2. ja 3. aasta okkaid. Iseloomulikud on pruunikate vöötide ja surnud tippudega okkad. Nakatunud okkad on mõnikord lühemad kui terved. Eriti ränga nakkuse korral on tulemuseks võrsete ja puude suremine.

Pruunvöötaudi avastamine ja tõrje võimaluste otsimine Tallinna Botaanikaaias (TBA)

Punavöötaudi rutiinse monitooringu käigus 2007. a. TBA okaspuude kollektsioonis võeti proovid mändidelt, kuuskedelt ja lehistel. Taimetoodangu Inspektsioonil tekkis pruunvöötaudi *L. acicola* esinemise kahtlus kollasel männil (*Pinus ponderosa*). Põllumajandusuuringute Keskuse (PMK) taimetervise ja mikrobioloogia laboris mikroskopeerimisel saadud tulemustele sooviti saada kinnitust võrdluslaborist. 2008. a. võetud kordusproovid saadeti kontrolliks Austria referentslaborisse (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Institut für Waldschutz). Võrdluslabor kinnitas pruunvöötaudi leidu TBA kollase ja mägimänni rühmades.

Pruunvöötaud oli karantiinne taimehaigus ja Taimetoodangu Inspektsiooni esmane nõue oli seetõttu kollase männi grupi likvideerimine ning raiejäätmete põletamine. Kuna tegemist oli ja on selle liigi suurimate eksemplaridega Eestis, siis dendroloogide töögrupp eesotsas Jüri Ellikuga kollaste mändide raiega ei nõustunud. Edasise arutelu käigus õnnestus kokku leppida tõrjabinõude plaan ja kollased männid raiest päästa. Olime nõus mände regulaarselt kogu vegetatsiooniperioodi

jooksul fungitsiididega pritsima ja ala tähistama piirdega. Esialgu kästi piirata kogu okaspuude kollektsoon. Saime siiski kokkuleppele, et piirame vaid perekond *Pinus* territooriumi, et vältida kõrvaliste isikute viibimist haigustekitajaga saastunud alal.

Pruunvöötaud oli avastamise hetkel uus patogeen Taimetoodangu Inspeksiooni jaoks, mille tõrje kohta puudus teave nii Eestis ja lähiriikides. Õigete otsuste tegemiseks oli vaja täiendavaid uuringuid. Inspeksioon monitooris nüüd igal aastal botaanikaaia okaspuid ja tegi ettekirjutusi pruunvöötaudi ohjamiseks (kuni 2016. a). Võetud proovid analüüsiti PMK-s mikroskopeerimisel ja biomeetodil. Lisaks paigaldati 2009. a improviseeritud eospüünised kollektsooni lähedal kasvavatele looduslikele harilikele mändidele, et saada teavet eoste esinemisest. Uuring püünistega tulemusi ei andnud.

Paralleelselt teostas Maaülikool patogeensete seente (sh pruunvöötaudi) molekulaarset diagnostikat ja leviku analüüsi. Pruunvöötaudi esmasleiukoht TBA-s, kus piiratud territooriumil kasvab koos palju liike, kujunes uurimisbaasiks Maaülikoolis okkahaigusi uurivale töörühmale. Aastatel 2010–2016 kogutud proovide analüüsi eesmärgiks oli välja selgitada pruunvöötaudi tekitaja levik, ohtlikkus ja tõrje võimalused meie kliimatingimustes. Toimus regulaarne proovide kogumine patogeeni sporulatsiooni uurimiseks, mille käigus sai botaanikaaed teavet ja tuge tõrjeplaani koostamiseks metsapatoloogia professor Rein Drenkhanilt.

Aastatel 2008–2013 toimus mändide töötlemine fungitsiididega vastavalt TTI ettekirjutusele iga 3–4 nädala tagant kogu vegetatsiooniperioodi jooksul, mis tähendas 6–8 pritsimiskorda olenevalt aastast. Esialgu oli kasutada vaid fungitsiid Bravo 500 SC (klorotaloniil), millega töötlesime kõiki mände kollektsoonis. Preparaatide valikul inspektorid nõu ei osanud anda, kuna vöötaudide tõrjeks sobivaid preparaate Eestis ei ole registreeritud. Seetõttu kujunesid valikud konsulteerides ekspertidega. 2009. aastal lisandus preparaatide valikusse Bumper (propikonasool) ja Bumper Super (propikonasool; prokloraas). Taotlesime ja 2011. a saime Amistar Opti (asoksüstrobiin, klorotaloniil) kasutusloa mändide pritsimiseks. Kolaste mändide säilitamise nimel olime nõus loobuma osadest vähem väärtuslikest nakatunud mändidest ekspositsioonis. Jaanuaris 2012. a raiuti ja põletati inspektori juuresolekul alpinaariumis kasvav keramänd, et piirata pruunvöötaudi võimalikku levikut. Pritsimisele tehtavate kulutuste ja keskkonnasaaste vähendamiseks likvideerisime 2013. a kooskõlas Põllumajandusameti ettekirjutusega mändide *Pinus × rotundata*, *Pinus mugo* ja *Pinus mugo* ssp. *pumilio* grupi.

Alates 2014. a pritsitakse kaks korda hooaja jooksul, varakevadel ning hilissügisel. Preparaate kombineerides oleme kasutanud fungitsiide Amistar (asoksüstrobiin), Tilt (propikonasool) ja Dithane NT (mankotseeb). Pritsimiskordade arvu vähendasime, kuna lubatud preparaatide arv taimekaitsevahendite registris vähenes veelgi. Liitigi tekkisid pritsitud puudel stressi tundemärgid, mida seostasime kemikaalide liigse kasutamisega. Olulise agrotehnilise võtena oleme kaks korda aastas tagasinakkumise vältimiseks riisunud puudealuse okkavarise kokku ja põletanud kohapeal. Läbirääkimiste tulemusena lubati 2014. a visuaali häirivad piirdelindid asendada infotahvliga, millel keelati pruunvöötaudi leviku vältimiseks korjata kollase männi okkaid, käbisid ja oksi. Mitmeid aastaid piirdelintidega suletud okaspuude ekspositsiooni lubatakse taas külastada.

Uute okkahaiguste leviku pidurdamine TBA näitel

Seire karantiinsete haiguste üle on oluline selleks, et haigus võimalikult varakult avastada. Patogeeni käitumise uurimine konkreetsetes uutes kliimatingimustes võimaldab võtta tarvitusele õiged meetmed haiguse leviku peatamiseks. Samuti annavad uuringud võimaluse ümberhinnata haiguse karantiinsust. Botaanikaaed kui suure hulga potentsiaalsete peremeestaimedega ala on uute okkahaiguste avastamisel hea pikaajaliste vaatluste ja tõrjemeetmete katseala.

Esmasleiu ajal 2006. a. peeti Eestis punavöötaudi ohtlikuks kahjustajaks. Selle patogeeni hüpe harilikule männile ja levik Eestis toimus paari aastaga ja juba 2008. a oli see levinud üle Eesti. Pruunvöötaudi levik seevastu on osutunud märgatavalt aeglasemaks. Esimene pruunvöötaudi leid harilikul männil toimus 2016. a, seega alles 8 aastat peale esmasleidu eksootmännil.

Esialgse tõrjemeetme – regulaarse massiivse fungitsiididega pritsimise ajal, aastatel 2008–2013, TBA mändide kollektsooni tervislik seisund halvenes jätkuvalt ja puude okkakadu suurenes. Eriti laastavalt mõjus fungitsiidide tihe kasutus mustadele mändidele, mille alumistele okstele jäid alles vaid viimase aasta okkad. Ootamatu oli seenpatogeeni *Diplodia sapinea* (Fr.) Fuckel (*Diplodia pinea*) leid mustadel mändidel, mis tekkis 5 aastat pärast regulaarset seenhaiguste tõrjet. 2014. aastaks nägid nad sedavõrd räsitud välja, et plaanisime mustad mändid ekspositsioonist likvideerida. Õnneks me raiega ei kiirustanud. Järgnevatel aastatel, kui pritsimine vähenes, hakkas mustade mändide okkakadu vähenema ning puud on taastumas. Sellest võime järeldada, et stressis taim nagu iga teine organism on vastuvõtlik haigustele.

Varisenud okaste kokku riisumine ja kohapeal põletamine on mitmeaastaste vaatluste tulemusel osutunud oluliseks tõrjemeetmeks pruunvöötaudi tagasinakuse vältimiseks. Märgata on kollaste mändide okkakao vähendamist.

Olukorras, kus patogeen on levinud uutesse tingimustesse, on karantiinse haiguskolde ilmnemisel taimede omanikul täiesti asjakohane selgitada oma positsioone ametnikule ja pakkuda välja taimede hävitamisele mõistlikke alternatiivseid meetmeid, eriti kui tegemist on väga väärtuslike kollektsoonitaimedega.

2019. aasta lõpust alates on nii pruun- kui punavöötaudi tekitajad Euroopa Liidus nn reguleeritud mittekarantiinsed taimekahjustajad. See tähendab, et neid ei tohi esineda *Pinus* perekonna istutamiseks ettenähtud taimedel ega metsa kultiveerimismaterjalil (Euroopa Komisjoni rakendusmäärus 2019/2072, IV lisa). Suurem vastutus on pandud taimmaterjali tootjale, kes peab tagama, et pruun- ja punavöötaudi tema taimedel ei esine ja et turustatavad istikud on nendest kahjustajatest vabad. Taimlates kontrollitakse igal aastal taimi visuaalselt, vajadusel võetakse proovid.

Geneetilised uuringud näitavad pruunvöötaudi tekitaja populatsioonide homogeensust, mis annab alust oletada, et haigus on Eestis uus. Seevastu punavöötaudi puhul jääb kahtlus varjatud olemasolust enne esmasleidu.

Kuna karantiinse patogeen leiti toona Eesti suurimatel kollastel mändidel (6 puud, max kõrgus 21m, seemned saadud 1965. a.), siis oli raie asemel fungitsiididega pritsimine põhjendatud, et säilitada väärtuslikud puud. Kuna pruunvöötaud pole

enam karantiinsete kahjustajate nimekirjas, ei ole meil ettekirjutust selle haiguse tõrjumiseks. Seeläbi saame vähendada kemikaalide koormust keskkonnale.

Kuigi TBA pruunvöötaudi leid oli Eestis esimene, võime nüüd, tosin aastat hiljem teadusuuringutele toetudes öelda, et Tallinna Botaanikaaias leitud pruunvöötaudi haplotüüp pole mujale Eestis levinud. Järelikult oleme haiguse käitlemisega siiani hästi toime tulnud.

Autorid avaldavad tänu Birger Ilaule info eest pruunvöötaudi monitooringute ja hetkestaatus kohta Eestis.

Kirjandus

- Adamson K., Laas M., Drenkhan R., Hanso M. 2019. Hiljutised tulnukad – mändide võrse- ja okka-haigused on asunud juba meie metsamändide kallale. Eesti Mets, 3, 40–44.
- Adamson K., Laas M., Drenkhan R., Hanso M. 2018. Quarantine pathogen *Lecanosticta acicola*, observed at its jump from an exotic host to the native Scots pine in Estonia. Baltic Forestry, 24, 1, 47, 36–41.
- Drenkhan R., Adamson K. 2013. Perekond männi (*Pinus*) okkahaiguste tekitajate lühimääraja. 12 lk.
- Hanso M., Drenkhan R., 2008. Puna-, pruun-, ja valgevöötaud Eestis. Eesti Mets, 3, 16–22.
- Laas M., Adamson K., Drenkhan R. 2019. A look into the genetic diversity of *Lecanosticta acicola* in northern Europe. Fungal Biology, 123, 773–782.

Pilguheit kartuliviirustele Eestimaal

Lee Põllumaa

ETKI ▶ lee.pollumaa@etki.ee

Kartuliviirushaigusi saab kergesti sümptomaatiliselt diagnoosida mosaiiksuse järgi lehtedel, taime käabuskasvu ja kimardumise järgi, samuti viitavad viirushaigustele kartulilehtede ja mugulate mitmesugused rohkem või vähem iseloomulikud väärarengud. Siiski, mitte alati pole sümptomid selgesti äratuntavad, kuna esineb nii peitelist nakkust kui ka seganakkusi.

Kartuliviirused kuuluvad mitmesse viirusperekonda: potiviirused – kartuliviirused A, Y ja V; poleoviirused – kartuli keerdlehisuse viirus (PLRV, *potato leafroll virus*) ja kurgi mosaiigi viirus; poteksviirused – kartuliviirus X; carlaviirused – kartuliviirused M ja S; pomoviirused – kartuli mop-top viirus (mida levitab muldas elutsev algloom) ja fosfoviroidid – kartuli värtnakujuline viroid (PSTV, *potato spindle tuber viroid*). Kartuliviirus V (PVV), mis on kergesti visuaalselt segiaetav PVA ja PVY sümptomidega, eristati 1986 aastal PVY isolaatide hulgast ELISA testiga. See viirus on laialt levinud Inglismaal, aga esineb ka Prantsusmaal, Saksamaal, Hollandis ja Peruus. Eestimaal pole PVV veel leitud, ka PMTV ja PLRV leiud on olnud episoodilised ja pikka aega pole enam seemnekartuliski PVA-d esinenud. Sellele vaatamata tuleb olla valvel.

Eesti Taimikasvatuse Instituudi Taimekaitseosakonnas evitati 2015. aastal molekulaarbioloogilised (RT-PCRi-põhised) meetodid kartuliviiruste ja viroidi määramiseks. Neid oli vaja nii kartuliaretuse (Aide Tsahkna ja Terje Tähtjärvi), kui ka Biotehnoloogia osakonnas hallatava kartuli geenipanga tarvis. Kartuliaretajad olid huvitatud viirusvabadest kartulisortidest, aretistest, aretusmaterjalist ja ka geenipanka saadetavatest mugulatest võimalusel viirusvabade väljavalimisest. Kartuli geenipanga merikloonid, kartulitaimede *in vitro* kultuurid (pärandsortidest uusimate sortideni) ja seemnekartulite algmaterjal vajas samuti tervisekontrolli, millest üks osa on kartuliviiruste ja viroidide testimine. Kollektsooni kõrval valmistatakse ette ka seemnekartuli algmaterjali ja tehakse vajadusel termoteraapiat ning testitakse selle tõhusust.

Viie aasta jooksul on PVM, PVY, PVX ja PVS ja PSTVd suhtes testitud kartulisorte, aretisi ja aretusmaterjali nii põldudel kui ka kartuli geenipanga kollektsoonis. Lisaks sellele on jälgitud termoteraapia tulemuslikkust. Kartuli geenipangast leiti 2016. ja 2017. a kartuli värtnakujulist viroidi, mistõttu nakatunud meristeenkloonid tuli hävitada. Nii põldudelt kui ka seemnekasvatuse algmaterjali ja geenipanga säilikute hulgast esines kõige sagedamini PVM, talle järgnes suurema saagikao põhjustaja PVY, harvaesinev oli PVS ja vaid mõnel juhul esines PVX. Segainfektsioonides olid tihti koos PVM ja PVY, ning PVM ja PVS.

Vajalikud viroloogilised analüüsid telliti varem Põllumajandusuuringute Keskuselt (PMK) ja vajadusel kasutatakse edaspidi PMK taimetervise ja mikrobio-

loogia labori kui referentslabori teenuseid. Lisaks selle on mõlemapoolne valmidus koostööks uute viirusanalüüside ja meetodite väljatöötamiseks ja kasutuselevõtuks.

Kartuli viirusresistentsust on varasematel aegadel uuritud ka TTÜs Erki Truve grupis (RNA vaigistamine), selle paljulubava uurimissuuna tööd on ühiskonna surve (GMod) siiani lõpetamata. Lilian Järvekülje grupp Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudis (KBFI) koostöös Eksperimentaalbioloogia Instituudi (EBI) viroloogia osakonnaga kasutas monoklonaalseid antikehi diagnostilises testis kartuliviiruste detekteerimiseks ja jätkas taimeviiruste molekulaarbioloogia ning viirusresistentsuse mehhanismide uurimisega TTÜs. Koos doktorandi Piret van der Smaniga eristati Y viiruse serotüübid eesti seemnekartulis, kasutades qPCR, RT-PCR tehnoloogiat.

Ülevaated töödest EBI taimeviroloogia osakonnas ja EVIKA-s on eelnevalt põhalikult käsitlenud Milvi Agur ja Viive Roosenberg (Taimekaitse 90, 2011).

Kartuliviiruste levikut, seroloogilisi määramismeetodeid, viirusresistentsust ja kartuli seemnekasvatust on teiste hulgas uurinud ka Boris Nurmiste (1907–1996), Ilme Randalu (1918–1986), Eino Vösaste (1932–2006), Endel Kaarep (1914–2018).

Samuti on eri aegadel ja eri kohtades (Tartus, Tallinnas, Jõgeval) uuritud viirusvektoreid, nende liigilist koosseisu ja esinemisagedusi ning tõrjemeetmete tulemuslikkust. ETKI kartulipõldudel leiti 2007. ja 2008. aastail monitooringu käigus arvukaimalt oa-lehetäi (*Aphis fabae*), porgandi-lehetäi (*Cavariella aegopodii*), hariliku kartuli lehetäi (*Aulacorthum solani*) ja vaarika-lehetäi (*Aphis idaei*) esindajaid, kuid mitte efektiivseimat viirusvektorit, virsiku lehetäid (*Myzus persicae*). Peamiselt reguleeris lehetäide arvukust ilm, mitte lühiajaliselt toimivad insektitsiidid (Muljar jt, 2008, Muljar, 2009). Aastatel 1920–40 esinesid kartuli viirusvektoritena meie kartulipõldudel kartulisikk (*Chlorita flavescentis*), virsiku-lehetäi, paakspuu-lehetäi (*Aphis frangulae*) harvemalt ka kartuli-lehetäi (*Aulacorthum pseudosolani*) (Ümarik, 1946).

Kartuli viirushaiguste esmatutvustaja Eestis oli 1933. aastal Elmar Emil Lepik (1878–1978). Tema ettepanekul kinnitati taimekaitse oskussõnade komisjonis ja võeti viirushaiguse puhul kasutusele termin kartuli kidumishaigus (Lepik, 1933). Lepik tutvustas juba avastatud kartuli viirushaiguste tekitajaina 18 eri viirust ja nende haigussümptomeid: mosaiiki, aukuubamosaiiki, peitmosaiiki, kimardumist, viirikhaigust, keerdlehisust. Juba siis oli teada järk-järguline saagilangus viirushaiguste esinemisel, seganakkused ja raskused väliste tunnuste põhjal diagnoosimisel. Laboratoorselt kasutati viiruste määramiseks indikaatortaimi (näiteks tubakat, paprikat, ogaõuna) ja samuti eristati viirused molekulmassi alusel (nn. elektrofüütiline meetod). Seetõttu oletati *viirusaine* paljunemist autokatalüüsilisel teel. Teati kidumishaiguste edasikandjatena lehetäisid ja vaieldi kidumishaiguste levikuteooriate üle. Otsesed tõrjeviisid puudusid (ja puuduvad siiani), soovitati üksikvalikut, kasvuaegset haigete taimede väljakorjet ja uue seemne muretsemist. Kaudse tõrjena on Lepik märkinud ka viirust edasikandvate putukate tõrjet. Lepik toetas Merckenschlageri ökoloogilist kidumisteooriat, mille järgi viiruse levik sõltus kliimast ja mulla omadustest, mille järgi Eestimaa liigitati heaks seemnekasvatuse maaks ja soojema kliimaga Kesk- ja Lõuna-Euroopa saagimaadeks. See oli ehk piisavalt hea põhjendus seemnekartuliäriks (Lepik, 1943).

Jõgeva Sordikasvanduse lätetel kogus Julius Aamisepp (1883–1950) soliidsed kartulikollektsiooni, mida kasutas võrdluskatsetes ja sordiaretuses. Aamisepp (1939) märkas, et „eriti lõunapoolsete riikide seemneäridest saadud saadetiste seas muude haiguste kõrval ka igakujulisi viirushaigusi esineb“. Samas, kuna Eestimaal pikemat aega kasvatatavatel sortidel leidis viirushaigusi võrdlemisi vähe, vaid kergekujuline mosaiik (=PVX), kimardumismosaiik (=PVA), viirikmosaiik (=PVY) ja keerdlehis puudus täiesti, siis see Aamiseppa kartuli seemnekasvatuse algatamiseni ja seemnekartuli ekspordini 30-ndate lõpus (Aamisepp, 1939).

Raadi Põllumajanduslikus Katsejaamas alustati kartuli viirushaiguste katseid 1939. aastal. Töötati välja kunstlik infektsioonimeetod, kandes kartuliviirushaigusi üle indikaatortaimedele ja -sortidele ja tuvastati kartuliviirusi PVX, PVY, PVB ja PVC Tartumaal ja Lõuna-Eestis kasvatataval kartulisortimendil. Tollal oli levinuim PVX, aga laastavaim (kuni 50% saagikaoga) PVY viirus. Tõhusaima tõrje leidmiseks oli plaanis Taimehaiguste Katsejaama ja Jõgeva Sordikasvanduse koostöös jõuda PVY-resistentsete kartulisortide aretamisele (Ümarik, 1946).

Samas seisus oleme praegugi, aastal 2021: ETKI Biotehnoloogia osakonnas otsitakse PVY ja PVM resistentsusmarkereid, et koostöös kartulietajaga Terje Tähtjärvega jõuda uute viirusresistentsete kartulisortideni.

Samas on teada tõsiasi, et kartul ja kartuliviirused evolutsioneeruvad käsikäes. Kui laiendada pilti on ka kolmetine süsteem – kartul-viirus-lehetäi koevolutsioneeruv (Jeger, 2020). Kas tähelepanu suunamine kaskaad taim-patogeen-putukas koostoimimisele võimaldaks kallutada süsteemi tasakaaluasendit või tekitaks uusi keerukamaid seoseid ökosüsteemis? Kas lisaks uute ja täpsemate viiruse määramismeetodite (NGS, qPCR, LAMP) kasutuselevõtt ja viirusdiagnostika otse põllul (Mehetre jt, 2021) aitaks meil kiiremini ja tulemuslikumalt võtta vastu taimekaitselisi otsuseid? Jah, kui liigume edasi integreeritud taimekaitse põhimõtteid järgides, jätame koha ka alternatiivsetele lähenemisviisidele ja teeme koostööd.

Kirjandus

- Aamisepp, J. 1939. Võrdlevaid uurimusi kartulisortidega Eestis Kokkuvõtted katsetulemustest 1923–38, Tartu, 320 lk.
- Agur, M. 2011. Taimeviroloogia osakond Harjumaal Harkus, lk 59–63. *Eesti Taimekaitse* 90, Eesti Maaülikool, Tartu.
- Jeger, M.J. 2020. The Epidemiology of Plant Virus Disease: Towards a New Synthesis. *Plants*, 9, 1768; doi:10.3390/plants9121768.
- Lepik, E. 1933. *Meie tähtsaimad kartulahaigused, nende tundmine ja tõrje*. Tartu, Ülikooli Taimehaiguste Kabinet, 64 lk.
- Leppik, E. 1943. *Kartuli viirushaigused ja nende tõrje*. Tartu Ülikooli Taimehaiguste-katsejaam, lendleht nr. 204, 15 lk.
- Mehetre, G.T.; et al. 2021. Current Developments and Challenges in Plant Viral Diagnostics: A Systematic Review. *Viruses*, 13, 412. <https://doi.org/10.3390/v13030412>
- Muljar, R., Polli, I., Koppel, I. 2008. Kartulilehetäide monitooring 2007. aastal, lk 49–52. *Põllukultuuride uuemad sordid, nende omadused ja kasvatamise eripära*, Jõgeva.
- Muljar, R. 2009. Kartulilehetäide monitooring 2008. aastal, lk 82–87, *Põllukultuuride sordid, omadused ja soovitusi kasvatamiseks*, Aastaseminar, Jõgeva
- Nurmiste, B., Tamm, B. 1981. Viirushaiguste probleem kartulikasvatases, lk 23–32, *Pakilisi probleeme kartulikasvatases*, Tallinn.
- Randalu, I. 1982. Kartuli viirushaigused, lk. 150–154, *Taimekaitse*, (Köverjalg, E., koost.), Tallinn.

- Rosenberg, V. 2011. Meristeemkultuuri kasutamisest taimede tervendamisel viirustest ja tervendatud algmaterjali seemnekasvatusest EVIKA-s, lk 97–102, *Eesti Taimekaitse* 90, Eesti Maaülikool, Tartu
- Rosenberg, V. 2011. EVIKA teadustöötajad ja abipersonal, lk 102–104, *Eesti Taimekaitse* 90, Eesti Maaülikool, Tartu
- Vösaste, E. 1999. *Kartuli seemnekasvatus Eestis*. Jõgeva, 63 lk
- Ümarik J. 1946. *Eesti Põllumajandusteadus põllumehe teenistuses, lühikokkuvõte uuringutest 1920–40*, Tartu, Teaduslik kirjandus, 616 lk.

Muutunud näoga lehemädanik ja muud probleemsed haigused Eesti kartulipõldudel

Eve Runno-Paurson

Eesti Maaülikool ▶ eve.runno-paurson@emu.ee

Kartuli-lehemädanik jätkab oma hävituslikku tööd

Kartuli-lehemädanik (*Phytophthora infestans*) on ka nüüd ligi kaks sajandit peale tema esmailmumist 1840-ndate aastate keskel, kus ta toona jättis nälgima sisuliselt terve Euroopa ja põhjustas Suure Iiri näljahäda koos massiivse väljarändega, siiani üks kõige enam kahju tekitavam kartulihaigus ülemaailmselt ja kaasa arvatud Eesti kartulipõldudel. Kuni 1970. aastate lõpuni oli kartuli-lehemädanik kenasti kontrolli all hoitud toimivate tõrjepreparaatide ja resistentsete kartulisortide olemasoluga. Ka sai tomatit kasvatada avamaal, hiljem on tekkinud kilemajade vajadus just sellest haigusest lähtudes, sest pruunmädanik muudab tomati viljad söögi-kõlbmatuks. Võrreldes mõnekümne aasta taguse ajaga on kartuli-lehemädaniku lööbimise algus üle kuu aja varasem ning nakkus on tugevnenud ja haigustekitaja tsükkel toimub kiiremini. Olemasolevatest haiguslaikudest võtab aega uute nakkus põhjustavate laikude tekkeni vaid 2,5–4 päeva. Haigustekitaja arengule soodsal niiskel kasvuaastal põhjustab lehemädanik suuri saagikahjusid. Mitmetes Euroopa riikides tehakse lehemädaniku tõrjeks keskmiselt 11–18 tõrjekorda kasvuhooaja jooksul ning kasutatakse erineva toimeainega fungitsiide ning väga tugeval lehemädaniku lööbimisel on tõrjekordade arv kasvanud suisa kuni 25 korrani. Eestis kasutavad suurtootjad keskmisena 6–7 fungitsiidi tõrjekorda ning lehemädanikule soodsal aastal on tõrjekordade arv küündinud suisa 11 korrani, kuid suurte põllumassiivide ja vihmaste ilmade jätkudes võivad põllud jääda osaliselt fungitsiididega kaitsmata ning nakatuda.

Miks see siis nii on? Nende põhjuste taga on muutused lehemädanikku põhjustava patogeeni epidemioloogias ja geneetikas, mille põhjustas 1970. aastate lõpus Mehhikost Euroopasse imporditud kartuliga sisse toodud uued ja mitmekesised haigustekitaja populatsioonid. Toodi kaasa ka uus paarumistüüp A2, mis võimaldab haigustekitajal suguliselt paljuneda ning moodustada paksukestalisi püsieoseid oospoore, mis võivad püsida mullas ilma peremeestaimeta aastaid (arvatakse, et rohkem kui 4 aastat). Kuna madalad temperatuurid koguni konserveerivad oospooride elujõulisust, siis patogeen löikab kasu Eesti külmadest talvedest. Suguline paljunemine on põhjustanud lehemädanikutekitaja suurema geneetilise mitmekesisuse, kohastumuse ja paindlikkuse nii peremeestaimete kui keskkonnatingimuste suhtes ning on tekkinud resistentne fungitsiidide toimeainetele, mistõttu tõrjepreparaadid ei pruugi toimida enam nii efektiivselt. Lehemädanikutekitaja mõlemad paarumistüübid (A1 ja A2) esinevad enamuses Euroopa maade populatsioonides, kuid oospooridest põhjustatud nakkused on domineerivad just põhjapoolsetes

riikides, mistõttu Põhja- ja Ida-Euroopa lehemädanikutekitaja populatsioonid on geneetiliselt mitmekesisemad ja seetõttu on tõrje veelgi komplitseeritum.

Okupeerituna Nõukogude Liitu oli kuni selle riigi lõpuni välistatud Eesti oma teadlastel uurida lehemädanikutekitajat kui üht võimalikku biorelva. Lehemädaniku tekitaja rassilist koosseisu lubati määrata vaid aretuse eesmärgil. Hiljem on Eestis teostatud väga põhjalikud kartuli-lehemädanikutekitaja populatsiooni uurinud perioodidel 2001–2008 ja 2010–2016, kus on selgunud, et need on äärmiselt mitmekesised, ja samuti on toimunud selged muutused ajas ning esinevad piirkonnast tulenevad erinevused analüüsituna erinevate fenotüübiliste markeritega. Sugulisele paljunemisele neis populatsioonides viitas kõrge A2 paarumistüübi esinemismäär ning enamusel (87–100%) uuritud kartulipõldudest esinesid mõlemad paarumistüübid koos ühel põllul, mis on ka kõrgem kui on leitud teistes Baltikumi populatsioonides Lätis ja Leedus. Fungitsiidi resistentsuse uuringutest on selgunud oluline teave, et Eesti populatsioonis on aastate jooksul toimunud olulised muutused, sest varem (2001–2005) domineerinud metalaksüüliresistentsete isolaatide osakaal on kahanenud hilisemal perioodil (2006–2007; 2010–2015) 12%-ni ning domineerivad metalaksüüli tundlikud tüved. Sedalaadi muutuste põhjusteks on ühelt poolt metalaksüüli sisaldava fungitsiidi Ridomil Gold MZ 68 WG vähenenud kasutamine, ent samas on Euroopas levinud lihtsatel genotüüpidel metalaksüüli resistentsete isolaatide arvukus kõrge ja ka neis riikides, kus seda preparaati enam ei kasutata. Virulentsuse uuringutest selgus, et lehemädanikutekitaja rassiline struktuur oli väga varieeruv ja kompleksne, olles ilmselt seotud mõlema paarumistüübi samaaegse esinemisega. Virulentsus patotüüpide mitmekesisus indeksi näitaja oli oluliselt madalam tavatootjate põldudelt kogutud isolaatidel võrreldes katse- ja mahepõldudelt kogutud isolaatide kõrge mitmekesisusega. See tulemus viitab sellele, et tavatootjad eelistavad kasvatada Lääne-Euroopa populaarseid sorte suurte pindadel, millel aga puudub igasugune lehemädaniku resistentsus.

SSR markeritega tehtud geneetiliste uuringute põhieesmärgiks oli tõestada, et siinsetel kartulipõldudel esineva äärmiselt kõrge *P. infestans* geneetilise mitmekesisuse taga on suguline paljunemine. Neist SSR markerite uuringust selgus, et lehemädaniku tekitaja Eesti populatsioonides esineb äärmiselt kõrge geneetiline mitmekesisus ja kuna kõik multilookusgenotüübid olid tuvastatavad ainult ühel aastal, saab järeldada, et Eesti tingimustes talve üleelamiseks kasutab haigustekitaja peamiselt sugulise paljunemise tulemusel moodustuvaid oospoore. Varajased lehemädaniku puhangud Eesti kartulipõldudel on põhjustatud mullast tulenevast nakkusest oospooridega, ka kinnitas 2016. aastal läbiviidud monitooring, et Eestis levib suguliselt paljunev populatsioon. Saadud teadmine on äärmiselt hirmutav, sest paljud kartulikasvatajad (nii väike- kui suurtootjad) ei pea kinni soovitatud 4 aastaest intervallist kartuli kasvatuses, siis on oospooridest põhjustatud esmase nakkuse roll paraku oluline, sest lehemädanik on suuteline hävitama kartuli maa peale osa juba väga varajases kartuli arengujärgus.

Lehemädaniku-tekitaja populatsioonide geneetiline ebastabiilsus on peamiseks põhjuseks, miks on muutunud lehemädanik niivõrd raskelt tõrjutavaks patogeeniks. Kartuli lehemädaniku vaatluskatse lehestiku resistentsuse hindamisest selgus, et enamuse testitud Hollandi ja Eesti kartulisorte osutusid lehemädanikule

vastuvõtlikuks, ja kodumaistel sortidel ei olnud olulist eelist välismaiste ees lehemädanikukindluse ja saagikuse aspektist lähtudes. Vaid kaks sorti 'Anti' ja 'Toluca' kvalifitseerusid kõrgelt resistentseteks. Samas ei tulnud Hollandi sordil 'Toluca' lehemädanikukindluse eelis välja soojatel ja kuivapoolsetel kasvuaastatel, kannatades tugevalt põuastressi all, sest kohalikes kasvatustehnoloogiates ei kasutata niisutussüsteeme. Seetõttu ei ole see tänaväärne sort kahjuks pälvunud meil laiemat kasutust.

Viimased kasvuaastad on Eestis olnud lehemädanikule ebasoodsad, mis on jätnud sellest haigusest ohutu ja petliku mulje. Samas on Eestis läbi viidud vaatluskatsetest selgunud, et lehemädanik on tänu kohastumusele võimeline enamusel kartulisortidel hävitama lehestiku ka patogeeni ebasoodsates tingimustes. Kuna kartuli-lehemädaniku poolt põhjustatud oht kartulikasvatusele püsib ja haigustekitaja populatsioonid on sugulise paljunemise tagajärjel väga mitmekesised ja pidevas muutumises, on järjepidev lehemädaniku patogeeni populatsioonide monitooring hädavajalik, et tuvastada muutusi populatsioonides ning nendele õigeaegselt reageerida. Eesti lehemädaniku tekitaja populatsiooni uuringu tulemused näitavad, et siinsed populatsioonid on sarnased Põhjamaade, Ida-Euroopa ja Loode-Venemaa omadele, kuid erinevad täielikult Lääne-, Kesk- ja Lõuna-Euroopa, India, USA, Hiina, Aafrika jne populatsioonidest, kus domineerivad lihtsamad klonaalsed genotüübid, kus on oluliselt kergem haigus tõrjet teostada, kui siinsetes mitmekesisetes populatsioonides. Samas toimuvad ka Euroopa populatsioonides genotüüpide vahetused, kui varem domineerisid EU_13_A2, EU_6_A1 and E_U1_A1, siis nüüd valdavalt EU_36_A2, 37_A2, EU_41_A2, ja EU_43.

Kartuli kuivlaiksus – sekundaarsest haigusest oluliseks kahjustajaks

Kartuli kuivlaiksus (*Alternaria* spp.) on soojema kliimaga regioonides väga tõsine kartulipõldude kahjustaja. Kartuli-kuivlaiksus on olnud varasemalt Eestis mitteiluline kartuli haigus. Ta küll eksisteeris mõnel teatud sordil teatud aastatel nagu näiteks 'Ants', kuid tõsisemat lehestiku kahjutust kartulile üldisemalt ei ole tekitanud. Paraku tänapäeval me enam nii rääkida ei saa, sest kuivlaikusest on saanud üsna tavaline ja sage lehestikku kahjustav haigus Eesti kartulipõldudel. Teema on ülioluline kontekstis, kus Põhja-Euroopas on kasvanud keskmisest kõrgema temperatuuridega suvede arv märgatavalt ja prognoosimudelid näitavad kuumade suvede arvu kasvu jätku. Ka üle Euroopaline kartuli kuivlaikuse monitooring näitas selgelt, et varem vähest probleemi tekitanud kartulihaigusest ennekõike Põhja- ja Lääne-Euroopa riikide jaoks on saamas tema ohjeldamiseks suurenenud mitmekesisuse tõttu tulevikus tõsine väljakutse. Seega uuriti Eestis kuivlaiksuse kui varem sekundaarse haiguse suurenenud mõju lehemädanikule ebasoodsatel kasvuaastatel, kust selgus, et kahjuks on kohalik lehemädanikule hea vastupidavusega sort 'Reet' osutunud väga vastuvõtlikuks kuivlaikuse suhtes. Ka oluline kohalik kartulisort 'Teel' on vastuvõtlik kuivlaiksuse tekitajale, kuid seda haigusele väga soodsal kasvuaastal. Kuidas siis seda haigust ohjeldada? Uuringutest on selgunud, et vaatamata haigustekitaja suurele survele, on kasvatustehnoloogia vali-

kuga võimalik mõjutada kuivlaiksuse levikut. Nii oli maheviljeluses talvise katte- kultuuriga ning talvise kattekultuuriga ja sõnnikuga variantidel märkimisväärselt vähem kahjustatud lehestikku kui talvise kattekultuurideta ja tavaviljeluse kontroll variantidel. Mahekartuli kasvatuses osutub äärmiselt oluliseks haiguskindla sordi valik. Tavaviljeluses oli kuivlaiksuse kahjustus väiksem kõrgema lämmastikunormiga variantidel kui väetamata või väiksema lämmastiku normiga variandil. Ka selgus, et vaatamata keemilisele tõrjele (3 korda), oli kartuli kuivlaiksuse kahjustus kõrge. Siit tulenevalt on vaja kuivlaiksusele vastuvõtliku kartulisordi puhul rakendada senisest efektiivsemat ja spetsiifilisemat kuivlaiksuse tõrjeplaani ja ei piisa mõnest mitteajastatud tõrjekorrast.

Erinevad monitooringud on näidanud, et kuivlaiksuse kahjustus lehestikus on eriti äge keskmisest kuivematel ja soojematel kasvuaastatel. Paraku on selliseid aastaid aina juurde tulnud ja viimasest kümnest aastast on selliseid olnud kuus (2010–2011, 2013, 2018–2020). Samas on vaatluskatsed näidanud, et ka neil aastate, kus ei ole olnud soodsad tingimused kuivalikusse arenguks ja levikuks, esines kuivlaikust kõikidel testitud 20 sordil, kas vähemal või rohkemal määral. Kuivlaiksuse sümptomeid mugulatel on täheldatud, kuid saagikust mõjutavast mugula kahjustusest me siiski rääkida veel ei saa, nagu Lõuna- ja Kesk-Euroopas on toimunud. Samas sordiaretus on kogu maailmas sellele haigusele jalgu jäämas, ehkki viimastel aastatel on hakatud rohkem tähelepanu sellele probleemile pöörama, kuid suuri edusamme ei ole tehtud. Praeguse seisuga kuivalikusse suhtes resistentseid kartuli sorte Euroopas ei ole.

Y-viirus rikub kartuli mugulad – suur väljakutse tulevikuks

Kartulikasvatajatel on kasumlik toota terveid ja kvaliteetseid kartulimugulaid. Kartuli Y viirus on Eestis teada ja tuntud probleem just seemnekartulikasvatajatele, kuid see haigustekitaja ei ole seni rikkunud kartuli mugulate välimust. Kartuli Y- viiruse PVY^{NT} tüvede grupist PVY^{NTN} kahjustus mugulatel on Eesti jaoks täiesti uus probleem ja väljakutse. Selle haiguse tagajärjed on niivõrd drastilised, sest muudab suure osa saagist kaubastamis- ja säilituskõlbmatuks ning seemnekartuli kasvatamine võimatuks. Põldkatses registreeriti Hollandist ja Saksamaalt imporditud kartulisortidel läbiviidud uurimustöös esmakordselt Eestis ägeda PVY alamtüve kahjustuse ja viitab olukorra tõsidusele, et tegemist on Eestis kartuli kasvataja jaoks uue end suurt välja kutset pakkuva probleemiga. Mugulahaiguste analüüsi tulemused näitasid, et kahel sordil 'Bellefleur' ja 'Champion' esines pooltel mugulatel niivõrd tugev kahjustus lõhkiste haavandite ja sisemiste nekrooside näol, et neil puudus kaubanduslik väärtus. Ka selgus, et kogunisti kümnel sordil leti kahjustatud mugulaid ja vaid kolmel sordil 13-st puudusid välised sümptomid, mistõttu esineb teatud vastuvõtlikus PVY suhtes enamusel sortidest, vajades soojal kasvuperioodil kindlasti lehetäide tõrjet. Kuna Eesti asub piirkonnas, kus on nii majanduslike kui ajalooliste probleemide tõttu kõrge viirushaiguste foon, siis seemnekartuli kasvatajad peavad vältima sorte, mis on vastuvõtlikud Y-viiruse erinevatele alamtüvedele. Suur abi haiguse ennetamisel ja tõrjel oleks, kui Eestis taastuks lehetäide monitooring.

Tänuavaldused. Uurimustööd on toetanud Euroopa Regionaalarengu Fond (Tippkeskus Ecol-Change „Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes“; RESIST 3.2.0701.11-0003), projektid IPMBlight 2.0, ETF grandid 4737, 6098, 7391 ja 9432, IUT36-2 ja Eesti Maaülikooli projekt P190259PKTT.

Kirjandus

- Andrивon, D., Hansen, J.G., Runno-Paurson, E., Eikemi, H., Cooke, D.E.L., Lees, A.K., Gaucher, D., Glorvigen, B., Barbary, A., Aourousseau, F., Corbiere, R., Mabon, R., Le, V.H., Chatot, C. 2017. IPMBLIGHT 2.0: Using pathogen population information to improve late blight control. 20th EAPR Triennial Conference Versailles, July 9–14, 2017. WFL Publisher Ltd Science and Technology.
- Hansen, J.G.; Andersson, B.; Sjöholm, L.; Liljeroth, E.; Edin, E.; Bain, R.; Lees, A.; Ritchie, F.; Kildea, S.; Cook, L.; Young, G.; Filippov, A.; Hannukkala, A.; Hausladen, H.; Hausvater, E.; Hermansen, A.; Naerstad, R.; Kapsa, J.; Runno-Paurson, E.; Koppel, M.; Musa, T.; Gulbis, G.; Ronis, A.; Vogelaar, K.; Spoelder, J.; Evenhuis, B.; Vanhaverbeke, P. 2016. Epidemics and control of early & late blight 2013 & 2014 in Europe. Schepers (Ed.). In: *PPO–Special Report* No. 17. Brasov, Romania, pp 11–30.
- Kiiker, R., Hansen, M., Williams, I., Cooke, D.E.L., Runno-Paurson, E. 2018. Outcome of sexual reproduction in the *Phytophthora infestans* population in Estonian potato fields. *European Journal of Plant Pathology*, 152 (2), 395–407.
- Nielsen B. J., 2014. Efficacy of fluazinam for control of potato late blight (*Phytophthora infestans*) in Danish field trials. Proceedings of the 16th EuroBlight Workshop. In: *PPO–Special Report* No. 16. Limassol, Cyprus, pp. 113–116.
- Runno-Paurson, E., Ereemeev, V., Volkov, T. 2020. Kasvatustehnoloogiate mõju kartuli kuivlaiksuse arengule mahe- ja tavaviljeluskatses. *Agronomia* 2020, lk 171–177.
- Runno-Paurson, E., Tshakna, A., Tähtjärv, T., Ereemeev, V., Meinson, P., Nassar, H., Niinemets, Ü. 2020. Kartuli kuivlaiksuse hindamine Jõgeva mahekatsetes. *Agronomia* 2020, lk 178–182.
- Runno-Paurson, E., Hansen, M., Kotkas, K., Nassar, H., Williams, I.H., Niinemets, Ü., Einola, A. 2019. Evaluation of foliar late blight resistance of potato cultivars in northern Baltic conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 106 (1), 45–52.
- Runno-Paurson, E., Ereemeev, V. 2019. Kartuli kuivlaiksuse esinemine sordil 'Teele'. *Teaduselt mahepõllumajandusele*. Tartu: SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus, lk 98–102.
- Runno-Paurson, E., Hansen, M., Tamela, L., Kübarsepp, L., Einola, A. 2018. Y-viiruse kahjustus rikub kartuli mugulad. *Agronomia* 2018, lk 100–105.
- Runno-Paurson, E. 2018. Kartuli-lehemädanikutekitaja pikaajaline uuring Jõgeva aretuspõldudel kogutud populatsioonides. Maarika Alaru (Toim.). *Agronomia* 2018 (94–99). Eesti Maaülikool: Eesti Maaülikool / Eesti Taimekasvatuse Instituut.
- Runno-Paurson, E., Kiiker, R., Joutsjoki, T., Hannukkala, A. 2016. High genotypic diversity found among population of *Phytophthora infestans* collected in Estonia. *Fungal Biology*, 120, 385–392.
- Runno-Paurson, E., Kiiker, R., Aav, A., Hansen, M., Williams, I.H. 2016. Distribution of mating types, metalaxyl sensitivity and virulence races of *Phytophthora infestans* in Estonia. *Agronomy Research*, 14 (1), 220–227.
- Runno-Paurson, E., Loit, K., Hansen, M., Tein, B., Williams, I.H., Mänd, M. 2015. Early blight destroys potato foliage in the northern Baltic region. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil & Plant Science*, 65 (5), 422–432.
- Runno-Paurson, E., Kotkas, K., Tähtjärv, T., Williams, I.H., Mänd, M. 2011. Temporal changes in phenotypic diversity of *Phytophthora infestans* in northern Estonia. *Zemdirbyste-Agriculture*, 98, 205–212.
- Runno-Paurson, E. 2010. Phenotypic and genotypic characterisation of potato late blight pathogen *Phytophthora infestans* in Estonian populations. A Thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Plant Pathology. Eesti Maaülikool, Jõgeva Sordiaretuse Instituut, Tartu, 148 pp.
- Tamela, L., Runno-Paurson, E., Hansen, M., Einola, A., Einola, P. 2015. Kuivlaiksus eri kartulisortidel Einola talus. *Agronomia* 2015, lk 166–171.

Ülevaade teraviljadel tuvastatud viirushaigustest ja kollasest roostest

Pille Soovali

Eesti Taimekasvatuse Instituut ▶ pille.soovali@etki.ee

Viimastel aastatel Eesti põldudelt kogutud teraviljataimede uuringud on toonud uusi leide viirushaiguste hulgas ja täpsemat infot peamiselt nisu ja tritikalet kahjustava kollase rooste kohta.

Taimeviirused on oblikatoorsed parasiidid, see tähendab, et peavad teatud eluperioodil peremeestaimest toituma, kuid ei põhjusta taime hukkumist, sest vastasel korral ei ole viirused võimelised enam iseseisvalt edasi elama. Teravilju nakatavad viirused on kliimamuutuste võimalik mõju – talved on lühemad ja pehmemad, vektorid on uued või neid esineb suuremas mahus. Seni oli meie piirkonnas teraviljadel viirushaiguste levikut ja vektorite arvukust piiranud neile ebasoodne talveperiood. Lisaks viiruste püsimisele taimedes peavad ületalve elama ka viirust kandvad isendid. Pikemad sügised, lühemad talved ja varasema algusega kevaded on suurendanud põllukultuuride viirusnakkuste ohtu. Viirust kandvate vektorite, nagu lehetäide ja tirtide, võimalus täiskasvanuna talve üle elada võimaldab viiruse varajast levikut kevadel. Samuti häirib oluliselt vähem viirusvektorite elutsükli ja levikut viimasel kümnendil suures osas künnipõhise viljelusviisi asendumine pindmise harimisega. Taimeviirused paljunevad ainult peremeestaime organismide rakkude sees. Viirused ei põhjusta peremeestaime hukkumist, nad elavad ja paljunevad peremeestaime sees teda surmamata, kasutades peremeesraku ressursse enda paljundamiseks. Viirushaiguste tüüpiliseks tunnuseks on kasvupidurdus ja triipe, lehtede kolletumist, punakaks värvumist põhjustavad häired klorofüllisünteesis. Teraviljaviiruste keemiline tõrje on võimalik taimemahlast toitumise teel viirust levitavate lehetäide ja tirtide tõrjumisega esimeste haiguskollete ilmnemisel teravilja varajastes kasvufaasides.

Alates 2012. a oleme koostöös Tallinna Tehnikaülikooli loodusteaduskonna keemia- ja biotehnoloogia instituudiga uurinud põllukultuuridel esinevaid viirushaigusi ja taimekahjustajate monitooringu käigus oleme Eesti eri piirkondades teraviljapõldudelt kogutud viirustunnustega taimede RNA-s tuvastanud mitmeid viiruseid. Lisaks kontrolliti kõiki proove viiruste sisalduse suhtes perekonnaspetsiifilise multipleks-RT-PCR sekveneerimise teel. Leiud kinnitati viirusjärjestuste spetsiifilisi praimereid kasutades RT-PCR abil.

Viirustunnustega taimeproovide analüüs võimaldas saada väga olulist informatsiooni teraviljaviiruste ja viiruskandjate kohta Eesti eri piirkondades erinevate kultuuride ja viljalusviiside lõikes. Viirustunnustega taimi analüüsides tuvastati Eestis 2013. ja 2014. aastal kogutud talinisu proovides esmakordselt Luste mosaiikviirus (BMV), 2014. a uus Closteroviiruse liik suvinisul ja kaeral ning 2017. a nisu kääbusviirus (WDV) talinisul. Lisaks viirushaigustele tuvastati viiruskandjate vektoritena triibuline tirt *Psammotettix alienus* ja tirdi liik *Javesella pellucida*.

Uuringu käigus tuvastatud bromoviiruste perekonda kuuluv **Luste mosaiikviirus (BMV)** (brome mosaic virus) nakatab mitmeid kõrreliste liike ja on levinud lisaks Euroopale ka Aafrikas ja Põhja-Ameerikas. Viirus levib kergesti nakatunud taimemahla edasikandumisel putukate, lestade ja nematoodide abil. BMV-d on võimelised levitama ka teravilju nakatava seenhaiguse kõrrerooste (*Puccinia graminis*) eosed. Viirustunnused on klorootilised pikttriibud ja laigud. Nakatunud noorte taimede kasv pidurdub, viljapead jäävad lühikeseks ja seemnete idanemisvõime väheneb.

Nisu kääbusviirus (WDV) (*wheat dwarf virus*), mis tuvastati Eestis esmakordselt 2017. a kogutud talinisu proovidest on leitud Soomes ja Rootsis, kuid teadaolevalt ei ole Baltimaadest seda viirust varem leitud. WDV kuulub *Geminiviridae* viiruste *Mastrevirus* perekonda ja on majanduslikult oluline kahjustaja Euroopas, Aasias ja Põhja-Aafrikas. WDV tüüpilised tunnused teraviljal on kasvu kängumine, lehtede kolletumine, viljapead ei pruugi välja areneda, sageli on ka juurestiku areng pärsitud. Teadaolevalt on viirusega nakatumise oht suurem sügisel noortel taimedel, samuti varajaste külvide korral on nakatunud taimede ja vektori poolt mune tud munade arv suurem. Viirushaiguse levitajaks on teravilja põldudel toituv triibuline tirt *Psammotettix alienus*. Tirdid on tugevate eestiivadega, tahapoole ahe neva keha ja kolmnurkse peaga putukad. Jalad on tugevad, tagajalad pikenenud hüppejalgadeks. Mitmed tirdi liigid on meil looduses levinud putukad. Täiskasva nud tirdid toituvad põllul tärganud taimedest kuni talvekülmadeni. Ületalve elab liik munana mullas. Kevadel ja suvel toimub viiruse sekundaarne levik munast väl junud vastse ja temast arenenud täiskasvanud isendi abil. Nisu kääbusviiruse pea misteks peremeestaimedeks on nisu ja oder, kuid on isoleeritud ka kaeral, rukkil, tritikalel ja raiheinal. Teravilja puudumisel võib viirus elus püsida ka looduslikel rohumaadel, kus tirdid toituvad.

Teravilja nakatav **Closteroviirus**, mis tuvastati 2014. a. suvinisu ja kaera proo vides oli seni geneetiliselt kirjeldamata. Uue closteroviiruse liigi tuvastamine meie poolt on olnud võimalik tänu geneetilisele sarnasusele juba varem geneetiliselt kindlaks määratud patogeenidega. Teada on, et closteroviiruste hulgas on geneeti liselt uurimata vähemalt kaks teravilja nakatavat viirust nagu *Wheat yellow leaf virus* ning *Festuca necrosis virus* – mida siirutavad lehetäid *Rhopalosiphum padi* ja *Rhopalosiphum maidis*. Mõlemale viirusinfektsioonile on iseloomulik lehtede kloroos, millele järgneb üldine punetumine või kolletumine.

Tenuiviirus tuvastati 2013. ja 2014. a talinisu, suvinisu ja kaera proovides. Haigeid taimi iseloomustasid tüüpilised viirushaiguste tunnused: klorootilised lehed, kängus kasv ja välja arenemata pähikud. Lisaks taimedele määrati sama vii rus 2014. a talinisu taimeproovidega samalt põllult kogutud tirtidel *Javesella pellucida*, kes toituvad nii rohumaadel kui teraviljapõldudel, imedes taimemahla ja levitades viirusi. Läbiviidud viiruse leviku testid tirdiga *J. pellucida* näitasid, et kõik teraviljaliigid võivad nakatuda tenuiviirusega. Praegu tuntud tenuiviirused on väga olulised teraviljade patogeenid ja neid seostatakse tirtide kui viiruskandjatega. On teada, et tenuiviirused kanduvad peremeestaimedele ainult tirtide abil ja iga vektori liik on spetsialiseerunud kindlale tenuiviiruse perekonnale.

Käesoleva uuringu käigus tuvastati vektorputukatega leviva **odra kollase kääbusviiruse** (BYDV/CYDV) (*barley yellow dwarf virus, cereal yellow dwarf virus*) viis liiki suvi- ja taliteravilja proovides, mis koguti 2012–2015. a. Tegemist on kompleksi fülogeneetiliselt suguluses olevate viirustega, mis kuuluvad luteoviiruste sugukonda, luteo- ja poleroviiruste perekondadesse. Nakatunud teraviljale on iseloomulik lehtede kollaseks või punaseks värvumine, kasvupidurdus, viljapead jäävad moodustumata või neis arenevad kõlujad terad. Nakatumisallikaks võivad olla nii sügisel põllule jäänud nakatunud teravili kui ka rohumaadel ja põllupeenardel kasvavad viirusega nakatunud mitmeaastased heintaimed. Viirust edasikandvad lehetäid toituvad viirushaigetest taimedest, et siis sügisel või kevadel noori taimi nakatada. Seega sõltub haiguse ulatus putukate populatsioonist ja viirusallikate olemasolust. Odra kollaste kääbusviiruste vektoritena on teada ca 25 lehetäi liiki. See viitab võimalusele, et need viirused püsivad Eestis ja võivad põhjustada haiguspuhanguid, kui viiruse levikuks on tingimused soodsad.

Lisaks eespool nimetatud taimeviirustele mõjutab teraviljade saagikust viimasel ajal nisu- ja tritikale põlde kahjustanud **kollane rooste**, mille tekitaja on agresiivne patogeen *Puccinia striiformis* ja mis väga kiiresti nisu ja tritikale lehtede forosünteesivat pinda vähendab ja seetõttu saagikust ning kvaliteeti negatiivselt mõjutab. Kollase rooste epidemioloogia on Euroopas muutumas. *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* uuringud mikrosatelliidi teel genotüpiseerimisel täheldasid vähest mitmekesisust paljudes piirkondades, välja arvatud Himaalaja piirkonnas, kus tuvastati rekombinantset populatsioonid, mis viitab sellele, et see on patogeeni päritolukeskus. Euroopas kollase rooste rassi (Pst) struktuuris on toimunud muutused. Alates 2000. a levisid kogu maailmas kõrgete temperatuuridega kohanenud rassid PstS1/S2, kuid ei levinud Loode-Euroopa sortidel, millel on rassile omased resistentsusgeenid. 2011. aastaks levisid Warrior ja Kranich rassid ka Loode-Euroopasse.

ETKI talinisu katsepõllult 2018. a kogutud kollase roostega nakatunud nisulehed analüüsiti Taanis Aarhusi Ülikoolis SSR-i genotüpiseerimise meetodil, mis näitab geneetilist mitmekesisust ja seoseid geneetiliste rühmade sees ja vahel. SSR-i genotüpiseerimisel põhinev üldnimetus Pst pannakse geenirühmadele ja rassivariandid tähistatakse numbritega, samas säilitati rassinimed Warrior ja Kranich, mida nimetati nisu sordi järgi, millel põhjustasid esimesi epideemiapuhanguid. 2018. a genotüpiseeriti 396 proovi 28 riigist ja neljalt mandrilt. Euroopas esinevate geneetiliste rühmade nomenklatuur on Pst1–14. Eestist saadetud proovid kuuluvad geneetilisse rühma Pst7 Warrior rass. Sama geneetiline rühm esines ka Austria, Belgia, Tsehhi, Taani, Prantsusmaa, Läti, Holland, Norra, Poola, Slovakkia, Hispaania ja Rootsi proovides, mitmes riigis esines ka teisi rühmi. Pst7 Warrior rassi ei tuvastatud Saksamaa, Itaalia ja Ukraina proovides. See näitab, et Pst7 Warrior rass on Euroopas väga levinud, esinedes enamikes Euroopa riikides. Nisusortide kollase rooste tundlikkus sõltub suuresti patogeenirasside virulentsumustrist. Aastate jooksul on täheldanud tugevat seost geneetilise rühma ja rassi vahel, mis on määratletud ühilduva ja kokkusobimatu interaktsiooni mustriga, mida näitab 'kõrge' nakatumise tase ühele või mitmele kollase rooste peremeesliinil (Y) leviva Yr-geeniga ja avirulentne 'madala' infektsioonitüübi põhjustatud kokkusobimatute koostoimete korral.

Kollane rooste levib järjest enam ja on teada, et olemasolevad fungitsiidid toimivad kõige paremini kaitsva tõrjena, seetõttu on fungitsiidiga lehepinna katvuse täpsus väga tähtis, et haigus ei saaks võimalust lehele kinnituda ja levida. Pritsides lehestikku väheneb haiguse leviku võimalus pikema aja jooksul. Kuid tuleb meele pidada, et eosed ei levi ainult tuule ja vihmavee pritsmetega vaid ka lehtede kokkupuutega, mis taime kasvades suureneb.

Kuna Eestis seni puuduvad regulaarsed teraviljaviiruste monitooringu tulemused on eesmärk jätkata täiendavate molekulaarsete uuringutega viiruste ja kollase rooste valdkonnas.

Kirjandus

- Sooväli, P., Sömera, M. 2020. Eesti teraviljadel esinevad viirushaigused. *Agronomia* 2020, 202–210.
- Hovmoller, M.S., Rodriguez-Algaba, J., Thach, T., Justensen, A.F., Hansen, J. G. 2019. GRRC report: *Puccinia striiformis* race analyses/molecular genotyping 2018. *DCA REPORT NO. 152*, April 2019, 213–221.

Uued ja hulgisigivad putukad metsa- ja pargipuudel

Kaljo Voolma

Eesti Maaülikool ▶ kaljo.voolma@emu.ee

Sissejuhatus

Sajandivahetusel ja 21. sajandi esimestel aastakümnetel on toimunud nii looduses kui inimtegevuses muutusi, mis on mõjutanud metsade seisundit ning putukate ja nende põhjustatud kahjustuste esinemist. Kliimamuutused mõjutavad putukate arengut ja levikut, kaupade ja inimeste intensiivsema liikumisega suureneb võõrliikide sissetungi oht. Ka muutused metsa majandamise ja metsakaitse strateegias on avaldanud oma mõju metsade seisundile ja dendrofiilsete putukate esinemisele.

Putukad on kõigussoojased loomad, kelle areng on otseses sõltuvuses temperatuurist. Temperatuuri tõusuga areng kiireneb, põlvkonna arengutsüklid lühenevad, aastast esinevate põlvkondade arv tõuseb ning põhjustatud kahjustused suurenevad (Voolma, 2008a). Kuid soojeneva kliima mõju putukatele ei pruugi alati olla nende arengut soodustav. Soojematel talvedel ei ähvarda talvituvaid arengujärke küll külma tõttu hukkamise oht, kuid nende ainevahetus kulgeb intensiivsemalt, energiavarud ammenduvad kiiremini ning sigimisperioodil võib nende viljakus jääda väiksemaks. Samuti võib esineda ebakõla putukate ja nende toidutaimede fenoloogilises arengus, mistõttu kooruvad vastsed ei leia neile sobivat toitu. Sellist nähtust on ette tulnud näiteks harilikul külmavaksikul (*Operophtera brumata*) (Singer, Parmesan, 2010). Ka väike-kuusevaablase (*Pristiphora abietina*) arvukust mõjutab putuka ja tema toidutaima arengu sünkroonsus.

Kliima soojenemise tõttu on nihkunud põhja poole lõunapoolsema levikuga putukaliikide areaal või hulgisigimise piirkond. Viimasel paaril aastakümnel on meil registreeritud mitmete siinmail minevikus vähearvukate putukaliikide hulgisigimisi, mis tavaliselt on iseloomulikud Kesk- ja Lõuna-Euroopale või Venemaa metsastepi vööndile. Järgnevas ülevaates käsitletakse metsa- ja pargipuudel esinevaid putukaid, kelle levila või hulgisigimise piirkond on viimastel aastakümnetel laienenud ja arvukus tõusnud või kes on võõrliigina meie metsadesse ja parkidesse jõudnud kaugematest maadest.

Kuuse-ebakilptäi (*Physokermes piceae*) massilist kahjustust 5-aastasest kuu-sekultuuris täheldati 2017. aastal Järvamaal Ambla vallas, kus Toomas Lemmingu teatel oli kahjustatud 7–8% puudest. Puukesed, millel oli 100–200 kilptäid võrsetel mahla imemas, olid kahjustatud kuivamiseni. Kuuse-ebakilptäide kahjustust pole sellises ulatuses Eestis varem olnud. Küll on aga ebakilptäide ulatuslikku kahjustust registreeritud kuusenoorendikes Lätis (Ruba jt, 2014) ja Leedus (Gedminas jt, 2015). 2017. aastal täheldati ebakilptäide (*Physokermes hemicyphus* ja *P. piceae*) massilist esinemist Austrias (Hoch, Perny, 2018). Mõlemad liigid esinevad ka Eestis (Malumphy, Ostrauskas, 2013), kusjuures esimene neist kahjustab kuuse-

noorendike kõrval ka keskealisi kuusikuid, teine eelistab nooremaid kuusekultuure. Nende massilist esinemist seostatakse kliima soojenemisega.

Okkalainelane (*Lymantria monacha*) on üks Euroopa metsade ohtlikumaid okkakahjureid, kes on põhjustanud ülemöödunud sajandi teises pooles Lääne-mere idakaldal kõigi aegade suurima putukarüüste, mis ulatus Lõuna-Poolast üle Preisi- ja Kuramaa Saaremaani. Massilise kahjustuse kolle tekkis Saaremaal uuesti 150 aastat hiljem, 2012. aastal (Nilson jt, 2014; Voolma jt, 2014). Kahjustab nii mändi kui kuuske, viimasele saab raagusööm tavaliselt saatuslikuks.

Käsnalainelane (*Lymantria dispar*) on ohtlikumaid lehekahjureid nii Euraa-sias kui ka Põhja-Ameerikas, kuhu ta on sisse viidud. Meil on minevikust teada vaid üksikud selle liigi isendite leiud (Õunap, 2013). Käsnalainelase esmakordne hulgisigimise kolle Eestis (10 ha) avastati Saaremaal 2017. aastal (Aitsam, 2017). Euroopas levinud põhiliigist on veelgi ohtlikum liigi aasia rass, kes on jõudnud nii Euroopasse kui Ameerikasse. Käsnalainelase aasia rassi lendavaid emasliblikaid on leitud ka Leedus (Zolubas jt, 1999).

Hele-villkäpp (*Calliteara pudibunda*) on Kesk-Euroopas tuntud põõgi kahju-rina. Meil on ta raagu söönud põhiliselt kasepuistused, kuid kahjustab ka teisi leht-puid. Hulgisigimised on esinenud Tartumaal Laeva metskonnas 1984–1985 (Luik, Voolma, 1987) ja Hiiumaal 2004–2005 (Voolma, 2008c).

Paju-võrgendikoi (*Yponomeuta rorella*) on lõunapoolse levikuga liik, kes tuvastati Eestis esmakordselt aastal 2008, hulgiesinemised meil on teada 2011. aastast alates (Voolma, 2011). Arvukalt esineb Tartus Emajõe ääres hõbepajudel.

Haava-kireskoi (*Phyllonorycter apparella*) esines massiliselt aastail 2014–2015 Kiidjärve-Taevaskoja kandis. Röövikud kaevandavad haava lehtedes, tekitades lehe alaküljele valkjasroosakad ovaalsed laigud. Haaval esineb teinegi selle perekonna liik – *Phyllonorycter sagitella*, kuid Mati Martini määrangu järgi kuulusid kõik leh-tedest välja kasvatatud liblikad liiki *Phyllonorycter apparella*.

Vahtra-keerukoi *Caloptilia jurateae* röövikud keeravad vahtra lehehõlmad rulli. Selliseid tegevusjälgi oli harilikul vahtral massiliselt näha 2018. aastal Narva-Jõesuu lähistel Auga metsas (Vello Kepparti teatel), samuti Tartus ja Peipsi ääres Kodaveres. Vahtratel võib esineda teisigi keerukoilaste liike, kuid Soomes samasu-guse kahjustuspildiga hariliku vahtra lehtedest välja kasvatatud liblikad kuulusid kõik nimetatud liiki (Pouttu, Vainio, 2018). Ka Eestist püütud isendid kinnitasid selle liigi esinemist (Jürivete, 2015).

Hobukastani-keerukoi (*Cameraria ohridella*) avastati Eestis esmakordselt aastal 2007. Röövikud kaevandavad hobukastani lehtedes. Levinud Lõuna-Euroo-past põhja poole, kõikjale, kus kasvab hobukastan. Võib anda meil kolm põlvkonda aastas. Mõne aastaga levis üle kogu riigi (Voolma, 2016, 2017b).

Pärna-kireskoi (*Phyllonorycter issikii*) on pärit Ida-Aasiast ja laiendab levikut Euroopa suunas. Massilisi kahjustusi on ta põhjustanud Lõuna-Venemaal ning 2000. aastaks oli jõudnud juba Sankt-Peterburgini (Тимофеева, 2014). Eestis esmakordselt tuvastatud aastal 2001 Valgamaalt, seejärel levinud üle Eesti (Jürivete, Õunap, 2008).

Nõmme-võrgendivaablane (*Acantholyda posticalis*) on meie kodumaine liik, kuid tema hulgisigimised on esinenud lõunapoolsemates piirkondades, eriti Lõuna-

Venemaa ja Põhja-Kasahstani metsastepivööndis (Мухамадиев, 2014; Гниненко и др., 2015). Meil avastati tema esmakordne hulgisigimine 2008. aastal Saaremaal (Voolma jt, 2009a, 2009b). Seal kujunes krooniline kahjustuskolle, kus mändide raagusööm jätkus veel 2016. aastal (Õunap jt, 2016).

Saare-lehevaablane (*Tomostethus nigrinus*) esines esmakordselt Eestis massilise saare lehekahjurina 2014. aastal Haapsalus, osaliselt raagu söödud saarepuid oli näha seal ka järgnevatel aastatel, massilisest kahjustusest teatati ka Viirelaiult (Voolma, 2019b). Tema hulgisigimised on esinenud enamasti lõunapoolsetel aladel, Ukrainas ning Kesk- ja Lõuna-Venemaal (Meshkova jt, 2017; Белова, 1987).

Lehevaablane *Heterarthrus flavicollis* vahtral. Selle liigi vastsed kaevandavad hariliku vahtra lehtedes. Täiskasvanud vastne teeb toitumise lõpul laikkaevandi serva nukkumiseks kettakujulise kookoni, löikab korrapärase ringina läbi lehe pealmise epidermise ja kukutab end sellega lehest välja. Selliseid ketaskookoneid märgati 2018. ja 2019. aastal Põlvamaal Karilatsis ja Taevaskülas (Voolma, 2019a). Erinevatel vahtra liikidel elavad erinevad vaablaseliigid (Белов, 2017). Teatmeteostes mainitakse sageli liiki *H. aceris*, kes esineb mägivahtral, *H. flavicollis* seevastu ainukesena harilikul vahtral (Ellis, 2018).

Kase-harivaablane (*Arge pullata*) on lõunapoolne liik, kelle hulgisigimised on omased pigem metsastepi vööndile. Meil registreeriti esmakordne hulgisigimine 2011. aastal Tabiveres, 2013. aastal kulmineerus kahjustus paljude kaskede raagusöömisega (Voolma, 2017a). Kahjustus jätkus väiksemas mahus ka järgnevatel aastatel.

Jalaka-harivaablane (*Aproceros leucopoda*) on invasiivne Aasiast pärit liik, kes avastati Eestis esmakordselt 2017. aastal Ida-Virumaal Meriküla lähedalt, kus ta oli palju jalakapuid raagu söönud (Keppart, Voolma, 2017). 2018. aastal täheldati jalakate massilist raagu söömist Puhtus. Iseloomulikud siksakilised söömajäljed lehtedel viitavad kindlalt selle võõrliigi esinemisele.

Kõrvkärsakas *Otiorhynchus smreczynskii* närib särke sireli lehtedesse, mardikad tegutsevad öösiti. Eesti täheldati sellist kahjustust esmakordselt 2009. aastal Tartus. 2012. aastal märgati kahjustusi ja püüti mardikaid ka Tallinnas Nõmmel (Taavi Keedus). Levinud ka Lätis ja Leedus (Balalaikins, Bukejs, 2011). Samalaadset kahjustust lehtedel võivad tekitada ka teised kõrvkärsakate liigid, sealhulgas *O. rotundus*.

Lõuna-maipõrnikas (*Melolontha melolontha*). Maipõrnikad on olnud oluliseks takistuseks lageraiealade metsastamisel. Erinevalt aga rohkem kui poole sajandi tagusest ajast, mil meil esines peaaegu eranditult harilik maipõrnikas (*M. hippocastani*), on nüüd domineerivaks liigiks, vähemalt Lõuna-Eestis, kujunenud lõuna-maipõrnikas (*M. melolontha*), kes minevikus (Maavara jt, 1961) esines Eestis väga harva. 2013. aastal toimus lõuna-maipõrnika massiline lendlus, põrnikad kandusid tuulega merele, kust nad rannale uhuti. Massiliselt oli puudel ja põõsastel toituvaid põrnikaid Riia ümbruse metsades, arvukalt oli neid näha ka Lõuna-Eestis. 2015. aastal täheldati tõukude tekitatud massilist kahjustust kuuskede juurtel jõulupuuis-
tanduses Valgamaal Tõrva lähistel. Kui harilik maipõrnikas on üldiselt metsaliik, siis lõuna-maipõrnikas võib lisaks metsalagendikele sigida ka põllumaadel. Võimalik, et tema arvukuse märgatav tõus meil on märk kliimamuutuse mõjust.

Ladva-kooreürask (*Ips acuminatus*) on üks agressiivsemaid ürasekiliise männi- kutes, tema kahjustused on saenenud viimastel aastatel Lõuna-Eestis (Voolma, 2008b).

Väike-saareürask (*Hylesinus fraxini*) ja **suur-saareürask** (*Hylesinus crenatus*) on tavalised ürasekiliigid saarel, nende arvukus on tõusuteel saarikutes laialt leviva seenhaiguse saaresurma tõttu.

Kokkuvõte

Muutused putukkahjurite esinemises 21. sajandi esimestel aastakümnetel on ilmsed – nende põhjuseks on nii kliimamuutus kui muutused inimtegevuses. Kuigi me pelgame võõrliike, tekitavad siiani meie metsadele rohkem kahju siiski kodumaised liigid. Rootsi metsandusajakirjas „Scandinavian Journal of Forest Research“ on nimetatud Põhjamaade metsade putukkahjurite „suur viisik“ – need on: kuusekooreürask (*Ips typographus*), suur-säsiürask (*Tomicus piniperda*), harilik männikärsakas (*Hylobius abietis*), okkalainelane (*Lymantria monacha*) ja punakas männivaablane (*Neodiprion sertifer*), neile võib lisanduda kuues – hiidürask (*Dendroctonus micans*) (News and Views, 2016). Pargipuude entomofauna on mitmekesisem, sealhulgas leidub ka võõrliike, samuti neid, kelle arvukus on siiani olnud tagasihoidlik ja hulgisigimised esinenud vaid lõunapoolsetes maades.

Kirjandus

- Aitsam, V. 2017. Liblikaröövik söi Kõrkkülas metsa raagu. *Maa Elu*, 29 (111), 27. juuli, 8–9.
- Balalaikins, M., Bukejs, A. 2011. *Otiorhynchus smreczynskii* (Coleoptera: Curculionidae) - a new to Estonia and Lithuania weevil species with notes on its occurrence and bionomy in the Eastern Baltic region. *Acta Zoologica Lithuanica*, 21 (4), 263–267.
- Ellis, W.N. 2018. Leafminers and plant galls of Europe. <https://bladmineerders.nl/>
- Gedminas, A., Lynikienė, J., Marčiulynas, A., Povilaitienė, A. 2015. Effect of *Physokermes piceae* Schrank. on shoot and needle growth in Norway spruce stands in Lithuania. *Baltic Forestry*, 21 (1), 162–169.
- Hoch, G., Perny, B. 2018. Borkenkäferkalamität, Eschensterben & Co.: Heimische und invasive Schadorganismen setzen unseren Wald unter Druck. *BFW-Praxisinformation*, 46, 3–5.
- Jürivete, U. 2015. Eesti faunale uued pisiliblikad (Microlepidoptera) aastail 2012–2013. *Lepinfo*, 21, 1–7.
- Jürivete, U., Õunap, E. 2008. *Eesti liblikad: kataloog*. Eesti Lepidopteroloogide Selts, Tallinn, 175 lk.
- Keppart, V., Voolma, K. 2017. Uus invasiivne võõrliik Eestis - harivaablane jalakal. *Eesti Loodus*, 68 (9), 70.
- Luik, A., Voolma, K. 1987. Hele-villkäpp - kas uus kahjur meie metsades? *Eesti Loodus*, 6, 370–372.
- Maavara, V., Merihein, A., Parmas, H., Parmasto, E. 1961. *Metsakaitse*. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 735 lk.
- Malumphy, C., Ostrauskas, H. 2013. New data on the scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of Estonia, Latvia and Lithuania, including revised checklists for each country. *Zoology and Ecology*, 23 (2), 115–128.
- Meshkova, V., Kukina, O., Zinchenko, O., Davydenko, K., 2017. Three-year dynamics of common ash defoliation and crown condition in the focus of Black sawfly *Tomostethus nigratus* F. (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Baltic Forestry*, 23 (1), 303–308.
- News and Views, 2016. “The Five Big” may become six. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31 (7), 729–730.
- Nilson, T., Voolma, K., Peterson, U., Lang, M. 2014. Okkalainelase kahjustuskolle Saaremaal Kihelkonnal Landsat-seeria pildidelt. *Kaugseire Eestis 2014: artiklikogumik*. Tartu Observatoorium, Keskkonnaagentuur, Tallinn, 138–148.

- Pouttu, A., Vainio, E. 2018. Tikkukoiden rullalle käärimiä lehtiä esiintyi vaahteroissa jälleen runsaasti, s. 42–43. In: *Metsätuhot vuonna 2017*, (Nevalainen, S., Nuorteva, H., Pouttu, A., toim), Luonnonvarakeskus, Helsinki.
- Ruba, J., Miežite, O., Luguza, S. 2014. Impact of risk factor management on the sanitary condition of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) pure stands in Latvia. *Journal of Forest Science*, 60 (5), 181–189.
- Singer, M.C., Parmesan, C. 2010. Phenological asynchrony between herbivorous insects and their hosts: signal of climate change or pre-existing adaptive strategy? *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 365 (1555), 3161–3176.
- Zolubas, P., Žiogas, A., Shields, K. 1999. Gypsy moth female (*Lymantria dispar* L.) flight potential in Lithuania. *Baltic Forestry*, 5 (2), 45–48.
- Voolma, K. 2008a. Kliimamuutuste ja inimtegevuse mõju metsakahjustustele. *Luuu Metsanduskool. Artiklid ja uurimused*, 7, 41–48.
- Voolma, K. 2008b. Ladva-kooreüraski levik laieneb. *Eesti Mets*, 1, 46–48.
- Voolma, K. 2008c. The outbreaks of the pale tussock moth, *Calliteara pudibunda* (L.), in Estonia. *Entomologisk Tidskrift*, 129 (4), 237.
- Voolma, K. 2011. “Hermeliinliblikad” hõbepajul. *Eesti Loodus*, 62 (9), 24–27.
- Voolma, K. 2016. Hobukastani-keerukoi (*Cameraria ohridella*) lendluse dünaamika ja voltinism Eestis. *Eesti taimekaitse 95. Konverentsi toimetised*. Eesti Maaülikool, Tartu, 31–34.
- Voolma, K. 2017a. Harva nähtav harivaablase hulgisigimine. *Eesti Loodus*, 68 (6/7), 38–41.
- Voolma, K. 2017b. Hobukastani-keerukoi on vallutanud Euroopa pargid ja puisteed. *Eesti Loodus*, 68 (8), 24–28.
- Voolma, K. 2019a. Omapärane lehevaablane vahtral. *Eesti Loodus*, 70 (9), 70.
- Voolma, K. 2019b. Saare-lehevaablane sööb saared raagu. *Eesti Loodus*, 70 (7), 35.
- Voolma, K., Pilt, E., Õunap, H. 2009a. Nõmme-võrgendivaablane ründas Saaremaa männikuid. *Eesti Mets*, 3, 28–32.
- Voolma, K., Pilt, E., Õunap, H. 2009b. Nõmme-võrgendivaablase (*Acantholyda posticalis* (Mats.), Hymenoptera: Pamphiliidae) esmakordne hulgisigimine Eestis. *Metsanduslikud Uurimused*, 50, 115–122.
- Voolma, K., Nilson, T., Pilt, E. 2014. Okkalainelane Euroopas, Saaremaal ja satelliidipildil. *Eesti Mets*, 2, 38–43.
- Õunap, H. 2013. Ohtlikud invasiivsed metsakahjurid. *Eesti Mets*, 4, 7–13.
- Õunap, H., Apuhtin, V., Raudsaar, M. 2016. Metsade tervislik seisund. *Aastaraamat Mets 2016*. Keskkonnaagentuur, Tallinn, 149–162.
- Белов Д.А. 2017. Идентификация представителей комплекса минирующих насекомых, развивающихся на растениях рода *Acer*, по наносимым ими повреждениям. *Лесной вестник*, 21 (3), 15–48.
- Белова Н.К. 1987. Ясеневый черный пилильщик в зеленых насаждениях Подмосковья. *Экология и защита леса. Межвузовский сборник научных трудов*. Ленинград, 54–57.
- Гниненко Ю.И., Серый Г.А., Бондаренко Е.Ю. 2015. Звездчатый пилильщик-ткач: вредоносность, лесопатологические обследования в очагах и меры защиты. ВНИИЛМ, Пушкино, 60 с.
- Мухамадиев Н. 2014. Особенности развития звездчатого пилильщика-ткача в борах Приптышья. LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, 113 с.
- Тимофеева Ю.А. 2014. Особенности экологии липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в Санкт-Петербурге. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, 207, 133–141.



UUTE MEETODITEGA
KAHJUSTAJATE VASTU

Meemesilased ja kimalased täppistaimekaitse teenistuses

Reet Karise, Marika Mänd

Eesti Maaülikool ▶ reet.karise@emu.ee; marika.mand@emu.ee

Sissejuhatus

Taimede õied oma lõhnade ja värvidega meelitavad ligi arvukalt erinevaid putukaid. Lisaks mitmekesisele tolmeldajate kooslustele peibutavad õied veel teisi putukaid – taimtoidulisi, saaki otsivaid röövtoidulisi või juhuslikult õitel puhkavaid isendeid. Putukate arvukus õitel võib olla kümme tuhat korda kõrgem kui ümbritseval lehestikul. Õite soe, niiske ja suhkrurikas keskkond soodustab ka mikroorganismide (sh patogeensete) levikut ja arengut. Õielt õiele liikudes ja neist toitudes kannavad putukad edasi viiruseid ning seente ja bakterite eoseid. Seeläbi aitavad nad kaasa mitmete taimepatogeenide levikule nii lähedastele kui ka kaugematele aladele. Õitele kantud taime patogeenidest tulenevad muutused võivad avalduda nii lokaalsete haiguskolletena või muutuda suuri alasid hõlmavaks probleemiks.

Teadmised patogeenide levikust viisid mitmeid teadlasi mõttele kasutada putukaid taimehaiguste tõrjes. Üks esimesi töid avaldati 1992. aastal, mil meemesilaste kaasabil õnnestus kasvuhoonekatses viia hahkhallituse vastu võitlevat seent *Gliocladium roseum* aedmaasika õitele. Seda tehnoloogiat hakati nimetama entomovõi mesilasvektortehnoloogiaks (inglise k *entomovector technology* või *bee vectoring technology*). Sellest esimesest uuringust alates on tehtud palju katseid erinevatel kultuuridel ja erinevate mesilaste liikidega ning parimad tulemused on saavutatud pigem kasvuhoonetes, kuid on ka avamaal töötavaid süsteeme.

Kuidas mesilasi efektiivselt rakendada?

Mesilaste rakendamine taimehaiguste biotõrjes kasutab värskeid teadmisi mikroorganismide levikust ja putukate osast selles. Nagu tehnoloogia nimi ütleb, on selle keskne komponent seotud mesilaste tegevusega, kuid arvesse tuleb võtta kõiki süsteemi komponente, kaasa arvatud selle eluta osad. Entomovektortehnoloogia koosneb viiest osast: kahjustaja, kaitstav taim, vektor ehk preparaati kandev putukas, preparaat ja dispenser (anum, milles on levitav pulber).

Mesilasvektortehnoloogiat on võimalik kasutada vaid siis, kui haigustekitajat või kahjurit saab tõrjuda õitelt, sest mesilasi huvitab ainult õitest saadav õietolm ja nektar, mille järgi ta lendab. Putukaid on palju, kuid parimad selle töö jaoks on mesilased. Mesilased külastavad õisi väga usinalt ning kuna nende kehad on karvased, siis nii nagu nad põllult tarru või pessa lennates on kaetud õietolmuga, saavad nad hakkama ka teiste tolmude kandmisega tarust põllule. Erinevalt teistest putukatest, on kõikidel mesilaste liikidel käitumuslik kohastumus käia korjel ühel

ja samal taimeliigil seni, kuni see on energeetiliselt kasulik. Niisugune käitumine suurendab võimalust, et taimekaitsevahendi kulu on ka majanduslikult mõttekas.

Missugust mesilast saab kasutada, sõltub kultuurtaime liigist. Mesilast ei saa sundida talle mitte sobiva taimeliigi õisi külastama, eriti juhul, kui ümbrusest on atraktiivsemaid toidutaimi. Meemesilastele aedmaasikas näiteks väga ei meeldi, nad eelistavad pigem samal ajal õitsevat rapsi või viljapuid. Kimalastele raps nii suureks konkurendiks aedmaasika suhtes ei ole. Väikese lennuraadiusega erakmesilaste puhul konkureerivad taimed nii suurt rolli ei mängi.

Ka ilm mõjutab tehnoloogia toimimist. Eesti andmed näitasid, et näiteks aedmaasika õitsemise aegsed temperatuurid sobivad lendluseks pigem kimalastele kui meemesilastele. Muidugi on ilmastik meil aastati väga erinev ja soojemal kevadel sellist erinevust ei ilmne. Lisaks mesilastele, mõjutavad õhuniiskus ja -temperatuur ka mikroorganismide arengukiirust, mistõttu vajavad erinevad preparaadid efektiivsuse saavutamiseks kas jahedamat või soojemat ilma.

Katsed Eestis

Eesti Maaülikoolis avamaal hahkhallituse tõrjeks tehtud uuringutes saavutasime kahel aastal kolmest aedmaasika viljadel 2–3-kordse kahjustuse vähenemise. Meie katsetes olid edukamateks vektoriteks kimalased. Kui põldudel on rohkesti ka teisi õiekülastajaid, kannavad nad ühelt õielt teisele liikudes omakorda edasi ka seal olevat preparaati. Leidsime, et hahkhallituse edukaks tõrjeks piisab juba suhteliselt vähesest preparaadi kogusest õiel. Meie analüüside põhjal selgus, et katsetes kasutatud pulbrilise biofungitsiidi Prestop® Mix (toimeaineks on seen *Gliocladium catenulatum*) jõudis igale õiele keskmiselt 12 eost. See kasulik seeneliik püsib hahkhallituse põhjustaja arengut, toimides kui parasiit ja konkurent, kuid ei tooda antibiootilisi aineid.

Bioloogilise insektitsiidina katsetasime hiilamardikate vastu rapsil preparaati BotaniGard 22WP (toimeaineks on valge muskardiin *Beauveria bassiana*). Mesilasvektortehnoloogia abil ei saa hoida ära konkreetse aasta saagikadu rapsipõllul, sest hiilamardikatest põhjustatud peamine kahjustus tekib just pungadesse munevad ja seal arenevate vastsete tõttu. Küll aga hakkavad need vastsed hilisemas kasvujärgus avanenud õites ringi roomama ning kui sel hetkel õitesse preparaati viia, siis vastsed nakatuvad ja väheneb mulda nukkuma suunduvate vastsete hulk. Sel viisil saab hoida kontrolli all järgmise aasta hiilamardikate põlvkonda.

Mesilasvektortehnoloogia ohutuse hindamisel on üks lisaaspekt. See peab olema ohutu ka preparaadi kandjale ehk mesilasele. Muidugi ei tohi preparaati muuta ka mesilaste toodetud mett inimesele ohtlikuks. Samuti ei tohi preparaati arenema hakata ka mesilastarus. Sel eesmärgil kasutatakse spetsiaalselt disainitud dispensereid, milles pulbriga puutuvad kokku vaid tarust väljuvad mesilased. Sisemisel kasutavad mesilased teist sissepääsu. Küll aga võivad erinevad preparaadis olevad lisaained mõjutada korjetöölisi, kes preparaati kannavad. On teada, et näiteks kaoliin, mida sageli kasutatakse pulbrilistes preparaatides kandurainena, võib põhjustada ka putukate surma. On arvatud, et surm võib tuleneda hingamisteede blokeerimisest pulbri tõttu. Meie katsed näitasid, et kaoliin põhjustas kimalastel

läbi kehakatete märksa suuremat veekadu võrreldes töötlemata või nisujahuga töödeldud isenditega. Meie tuvastasime, et hingamisteed ei olnud blokeeritud, kuid veekadu pidi tõusma just kutiikula kahjustumise tõttu. Kaoliin võib endasse imeda kutiikulat katvaid vee läbilaskvust mõjutavaid lipiide, mistõttu putukas ei ole enam võimeline veekadu hingamisavade sulgemisega reguleerima. Tänu meie uuringule muudeti taimekaitseks toodetavates kimalastarudes (BioBest) kasutatava preparaadi koostist kimalastele ohutumaks.

Kokkuvõte

Tegemist on uudse ja keskkonnasõbraliku tehnoloogiaga, kuna mesilasi kasutades saame me jätta kulutamata nii inimtööjõu kui ka fossiilsed kütused, mida muidu läheks tarvis traktorite abil pritsimistööde tegemisel. Kuna iga komponent antud tehnoloogias mõjutab tugevasti biotõrje efektiivsust, siis pole võimalik ühel taimel saavutatud tulemusi automaatselt üle kanda teistele kultuuridele, ega ka erinevatesse geograafilistesse regioonidesse. Sellest tulenevalt on oluline, et mesilaste kasutamise võimalusi uuritaks veelgi rohkem ning selgitataks detailsemalt, missugustes tingimused need hästi töötavad.

Kirjandus

- Bontšutšnaja, A., Karise, R., Mänd, M. 2018. Kimalaste õietolmukorje erinevates põllumajandusmaastikes asuvates aedmaasika istandikes. Alaru, M. (Toim.). Agronoomia, 142–148. Rebellis AS.
- Karise, R., Dreyersdorff, G., Johani, M., Veromann, E., Runno-Paurson, E., Kaart, T., Smagghe, G., Mänd, M. 2016. Reliability of the entomovector technology using Presto-Mix and *Bombus terrestris* L. as a fungal disease biocontrol method in open field. *Scientific Reports*, 6, srep31650.
- Karise, R., Muljar, R., Smagghe, G., Kaart, T., Kuusik, A., Dreyersdorff, G., Williams, I.H., Mänd, M. 2016. Sublethal effects of kaolin and the biopesticides Prestop-Mix and BotaniGard on metabolic rate, water loss and longevity in bumble bees (*Bombus terrestris*). *Journal of Pest Science*, 89, 171–178.
- Karise, R., Must, A., Mänd, M. 2019. Bioloogilise insektitsiidi BotaniGard 22WP potentsiaal hiilamardikate tõrjel. Metspalu, L., Luik, A. (Toim.). *Teaduselt Mahepõllumajandusele*, 52–57. SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus.
- Karise, R., Raimets, R., Dreyersdorff, G., Mänd, M. 2018. Using respiratory physiology techniques in assessments of pesticide effects on bees. Oomen, P., Pistorius, J. (Toim.) Hazards of pesticides to bees: 13th International Symposium of the ICP-PR Bee Protection Group 18.– 20. October 2017, València (Spain) – Proceedings, 61–66. Julius-Kühn Institute.
- Mänd, M., Karise, R., Muljar, R., Dreyersdorff, G., Raimets, R. 2016. Kuidas kasutada kimalasi taimekaitseks? Metspalu, L., Jõgar, K., Veromann, E., Mänd, M. (Toim.). Eesti Taimkaitse 95, 35–40. Eesti Maaülikool.
- Mänd, M., Karise, R., Smagghe, G. 2020. Bumble bees and Entomovectoring in open conditions. Smagghe, G., Boecking, O., Maccagnani, B., Mänd, M. (Toim.) 2020. Entomovectoring for Precision Biocontrol and Enhanced Pollination of Crops, 81–93. Springer Nature Switzerland 2020
- Peng, G., Sutton, J.C., Kevan, P.G. 1992. Effectiveness of honey bees for applying the biocontrol agent *Gliocladium roseum* to strawberry flowers to suppress *Botrytis cinerea*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 14, 117–129.
- Smagghe, G., Boecking, O., Maccagnani, B., Mänd, M. (Toim.) 2020. Entomovectoring for Precision Biocontrol and Enhanced Pollination of Crops. Springer Nature Switzerland 2020. 277 lk.

Põllukultuuride haiguste diagnostika edusammud

Riinu Kiiker¹, Kaire Loit², Britt Puidet²

¹ Eesti Taimakasvatuse Instituut ▶ riinu.kiiker@etki.ee

² Eesti Maaülikool ▶ kaire.loit@emu.ee, britt.puidet@emu.ee

Tulemusliku taimekaitse esimene ja oluline samm on haigustekitajate täpne määramine. Kuna erinevad haigustekitajad võivad põhjustada sarnaseid sümptomeid, on taimekahjustuse esinemisel patogeeni visuaalne identifitseerimine keeruline ning võimalikult täpse ja usaldusväärse tulemuse saamiseks tuleks määramiseks kasutada kiireid ja informatiivseid molekulaarseid meetodikke (Martinelli jt. 2015; Riim 2021). Nende abil on võimalik hõlpsasti eristada näiteks seene- või bakteriliike ja ka nende alamliike, mis laboritingimustes ei kasva või mille morfoloogiline eristamine on võimatu. Tänapäeval on nende meetodite rakendamine hädavajalik, kuna intensiivne ja järjest suurematele saakidele orienteeritud põllumajandus vajab taimepatogeeni leviku, mitmekesisuse ja populatsioonide geneetiliste muutuste jälgimiseks kiireid ja efektiivseid diagnostika meetodeid (Kiiker jt. 2018, 2021; Riim 2021; Vent 2021). Patogeeni populatsioonides muutuste õigeaegne avastamine ja jälgimine omakorda aitab põllumajandustootjal efektiivseid ennetus- ja tõrjemeetodeid kasutusele võtta..

Taimepatogeeni diagnostika on kiiresti edasiarenev valdkond, kuna tänapäeval on väga lai valik seadmed, programme, protokolle, laborivahendeid ja -kemikaale teadustöörühmadele kättesaadavad ja need meetodid kuuluvad iga fütopatoloogilise teadustöö juurde. Artikli autorite endi kogemusest lähtuvalt on laboritööks vajalik väljaõpe kiire ja kõigile jõukohane. Tänapäevaste meetodikatega kursis olemiseks ja koostöö edendamiseks on olulisel kohal väljaõpe välislaborites, tänu millele on viimase viie aasta jooksul Taimetervise õppetooli taimepatoloogide töö oluliselt edenenud.

Taimepatogeeni diagnostika valdkonnas nii Eestis kui ka mujal maailmas on kasutusel mitmed DNA-põhised meetodid. Molekulaarsetest analüüsimeetoditest on enim levinud PCR ehk **polümeraasi ahelreaktsiooni** (*polymerase chain reaction*) **analüüs**, millel on olulisi eeliseid mittemolekulaarsete meetoditega võrreldes, näiteks seeni ei pea patogeeni tuvastamiseks söötmel kasvatama ja meetodika on kõrge tundlikkusega juba nakkuse algfaasis (Schenja jt. 2013; Riim 2019). Seente liigispetsiifiline PCR mitte ainult ei tuvasta patogeeni DNA-d, vaid võimaldab liigi või kõrgema taksoni määramist (Riim 2019, 2021) ja geneetilisi muutusi põhjustavate spetsiifiliste mutatsioonide ning kordusjärjestuste määramist patogeeni genoomses DNA-s (Kiiker jt. 2018, 2021). Edukalt on võimalik sel moel tuvastada patogeenseid seeni näiteks odraseemnetest, kus säilivad fusarioosi ja juuremädanikku põhjustavad *Fusarium* liigid, võrklaiksust põhjustav *Pyrenophora teres* ja mitmed teised seened (Vent 2021).

Teine oluline molekulaarne diagnostika metoodika, **kvantitatiivne PCR** on leidnud rakendust taimepatogeenide analüüsimisel nii mullast, veest, õhust kui ka taimekudedest. Meetod on väga tundlik ja annab positiivse tulemuse juba väga madala patogeeni kontsentratsiooniga proovis. Kvantitatiivne PCR on eriti oluline haigustekitajate riskianalüüsiks ning tõrjestrategiate kujundamiseks, kuna selle metoodikaga saame hinnata mitte ainult patogeeni olemasolu proovis vaid ka selle hulka. Paljud patogeenid säilivad aastaid mullas puhkeoste, sklerootsiumite, oospooride või muude sarnaste püsistruktuuridena ja sobiva peremeestaime olemasolul nakatavad neid, põhjustades langust saagi kvaliteedis ja kvantiteedis. Näiteks ristõielistel kultuuridel olulist saagilangust põhjustav ristõieliste nuutritekitaja *Plasmodiophora brassicae* võib puhkeostena mullas püsida kuni 20 aastat. Patogeenide püsistruktuuride olemasolu ja hulga määramiseks mullas saab rakendada spetsiifilist kvantitatiivset PCR metoodikat ennetava võttena enne kui haigusele vastuvõtlikke kultuure planeeritakse külvata (Loit jt. 2021; Põldmets 2019, 2021).

Selleks et olla teadlik, millised seenpatogeenid põllukultuure ohustavad, on **molekulaarsete mass-sekveneerimise metoodikatega** võimalik kindlaks teha, millised seeneliigid Eesti põlde ja meil viljelevaid taimesorte asustavad. See on küll üks kulukaimad ja aeganõudvamaid, kuid kättesaadava infohulga poolest mahukamaid metoodikaid. Eestis on seeläbi tuvastatud kartuli- ja teraviljapõlde asustavaid seenekooslusi, kuhu kuulub nii patogeenseid kui ka kasulikke seeneliike (Loit jt. 2019, 2020; Soonvald 2019, 2020). Eestis läbiviidud uuringu põhjal on kartuli juurtega enim seotud mullas elavad patogeensed seened perekondadest *Rhizoctonia* (põhjustavad tõusmepõletikku, vilttõbe ja mustkärna) ja *Fusarium* (põhjustavad kuivmädanikku). Leiti, et patogeensete seente liigirikkust ja liigilist koosseisu kartulijuurtes mõjutas kartulisort ning patogeensete seeneliikide koosseisu mullas mõjutas taime kasvufaas (Loit jt. 2020). Nimetatud ohtralt esinenud patogeenid on laia peremeestaimede ringiga ja võivad sobilike keskkonnatingimuste ja vastuvõtlike sortide kasvatamisel suurt saagikadu põhjustada. Mõlemad patogeenide rühmad vajaksid oluliselt rohkem tähelepanu ja ennetavate tõrjemeetodite (pikem viljavaheldus, haigusvaba seemnekartul, optimaalne mahapaneku aeg, piisav väetamine, mugula vigastuste vältimine jt.) rakendamist kvaliteetsema kartulisaaagi saamiseks.

Üha enam võetakse kasutusele uusi metoodikaid, kus on väiksema tööajaga võimalik patogeene tuvastada, ka juba enne haigussümptomite ilmnemist. Üheks selliseks näiteks on spetsiifilisel **antigeen-antikeha interaktsioonil põhinevad kiirtestid**, millega on võimalik tuvastada patogeeni olemasolu vaid minutitega, seejuures laborit kasutamata. Taimepatogeenide kiirtestide teostamiseks eriteadmisi ja laboritöövahendeid ei ole vaja. Pocket Diagnostic (Abingdon Health) pakub kiirteste näiteks munasseene *Phytophthora* liikide (*P. infestans* põhjustab kartulil ja tomatil lehemädanikku ja pruunmädanikku; *P. ramorum* tamme-äkksurma; *P. fragariae* maasika juuremädanikku, jt.) ja bakteri *Erwinia amylovora* (põhjustab viljapuu-bakteripõletikku) tuvastamiseks. Teine ettevõtte, kelle kiirteste on edukalt rakendatud, on LOEWE Biochemica GmbH, kes pakub teste erinevate taimeviiruste (tubakamosaiikviirus, kartuli X ja Y viirused, pepiinomosaiikviirus, jt.), bakterite (*Xanthomonas* spp, *Clavibacter* spp.) kui ka seente (hahkhallituse põhjustaja

Botrytis cinerea) tuvastamiseks. Testi läbiviimine on lihtne, vaja on vaid kiirtesti komplekti ja taimekoeproovi, vastuse saamiseks kulub kõigest 10 minutit.

Uuema lahendusena taimepatogeenide tuvastamiseks on Eesti Maaülikooli ja Tartu Ülikooli teadlaste koostöös arendatud **nanopoor-sekvenerimistehnoloogiat** taskusekvenaator MinION-ga, mis on varem olnud kasutuses valdavalt inimestele ohtlike viiruste (nt. Ebola, Zika, SARS-CoV-2) leviku kaardistamiseks ja kiireks diagnoosimiseks. Taimepatogeenide kiirdiagnostika meetodika arendamine on võimaldanud nanopoor-sekvenerimistehnoloogiat edukalt rakendada fütopato-geensete bakterite (nt. *Agrobacterium tumefaciens*) ja seente (nt. *Thanatephorus cucumeris*, *Boeremia exigua*) kiireks ja täpseks tuvastamiseks taimekudedest (Loit jt. 2019). Kui teiste meetodite puhul kulub proovi analüüsimiseks vähemalt üks päev, siis taskusekvenaator võimaldab patogeene tuvastada kõigest paari tunniga.

Lisaks molekulaarsetele meetoditele on tänu infotehnoloogia arengule asunud täppisviljeluses olulisele kohale **kaugseire tehnoloogiate** (nt droonid ja muud õhusõidukid) rakendamine ja nutitelefonide lisavõimaluste kasutamine taimehaiguste tuvastamisel, mis võimaldab saada kiiret informatsiooni kahjustajate leviku kohta põllul. Efektiivne molekulaardiagnostika rakendamine ja meetodikate kombineerimine võimaldab õigeaegselt sobilike ennetus- ja tõrjemeetoditega reageerida taimepatogeenide levikule, liikide vahelistele ja -sisestele mitmekesisuse muutustele. Kui jälgida geneetilisi muutusi taimepatogeenide fungitsiidide märklaudgeenides ja virulentsusgeenides, on võimalik kohaldada tõrjevahendite kasutamist, suunata resistentsusaretust ja valida kasvatamiseks haigustele resistentsemaid sorte.

Kirjandus

- Kiiker, R., Hansen, M., Williams, I. H., Cooke, D. E., Runno-Paurson, E. 2018. Outcome of sexual reproduction in the *Phytophthora infestans* population in Estonian potato fields. *European Journal of Plant Pathology*, 152, 395–407.
- Kiiker, R., Juurik, M., Heick, T. M., Mäe, A. 2021. Changes in DMI, SDHI, and QoI fungicide sensitivity in the Estonian *Zymoseptoria tritici* population between 2019 and 2020. *Microorganisms*, 9, 814.
- Loit, K., Adamson, K., Bahram, M., Puusepp, R., Anslan, S., Kiiker, R., Drenkhan, R., Tedersoo, L. 2019. Relative Performance of MinION (Oxford Nanopore Technologies) versus Sequel (Pacific Biosciences) Third-Generation Sequencing Instruments in Identification of Agricultural and Forest Fungal Pathogens. *Applied and Environmental Microbiology*, 85 (21), ARTN e01368-19.
- Loit, K., Soonvald, L., Astover, A., Runno-Paurson, E., Öpik, M., Tedersoo, L. 2020. Temporal and Cultivar-Specific Effects on Potato Root and Soil Fungal Diversity. *Agronomy*, 10 (10), 1535.
- Loit K., Kiiker R., Puidet P., Soonvald L., Põldmets M., Mänd M. 2021. Assessing BactoMix 5 efficacy for clubroot control in naturally infested soil. *Plant Protection Science*, 57, 14–20.
- Martinelli, F., Scalenghe, R., Davino, S., Panno, S., Scuderi, G., Ruisi, P., Villa, P., Stroppiana, D., Boschetti, M., Goulart, L. R., Davis, C. E., Dandekar, A. M. 2015. Advanced methods of plant disease detection. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (1), 1–25.
- Põldmets, M. 2019. *Biopreparaadi Bactomix 5 toime ristõieliste nuutritekitaja (Plasmodiophora brassicae) arengu takistamisel*. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikool.
- Põldmets, M. 2021. *Biofungitsiidide mõju ristõieliste nuutri tõrjes*. Magistritöö. Eesti Maaülikool.
- Riim, P. 2019. *Uuenduslikud meetodid taimepatogeenide tuvastamisel ja nende rakendamine põllumajanduses*. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikool.
- Riim, P. 2021. *Kartulil (Solanum tuberosum L.) esinevate seenpatogeenide tuvastamine PCR meetodil*. Magistritöö. Eesti Maaülikool.

- Schena, L., Li Destri Nicosia, M. G., Sanzani, S. M., Faedda, R., Ippolito, A., Cacciola, S. O. 2013. Development of quantitative PCR detection methods for phytopathogenic fungi and oomycetes. *Journal of Plant Pathology*, 95, 7–24.
- Soonvald, L., Loit, K., Runno-Paurson, E., Astover, A., Tedersoo, L. 2019. The role of long-term mineral and organic fertilisation treatment in changing pathogen and symbiont community composition in soil. *Applied Soil Ecology*, 141, 45–53.
- Soonvald, L., Loit, K., Runno-Paurson, E., Astover, A., Tedersoo, L. 2020. Characterising the effect of crop species and fertilisation treatment on root fungal communities. *Scientific Reports*, 10, 18741.
- Vent, Ü. 2021. *Suviodra* (*Hordeum vulgare* L.) seemnetes säilivate fütopatogeensete seente tuvastamine. Magistritöö. Eesti Maaülikool.

RNAi tehnoloogial põhinev täppistaimkaitse rapsikahjuritele

Eve Veromann, Liina Soonvald, Silva Sulg, Triin Kallavus,

Riina Kaasik, Jonathan Willow

Eesti Maaülikool ▶ eve.veromann@emu.ee

Globaalsed muutused seavad erinevaid väljakutseid taimekasvatajatele, põhjamaade talved on muutunud leebeks, kahjurid talvituvad edukalt ja nende surve saagi suurusel suureneb. Praegu on taimekaitse kõige efektiivsemateks meetoditeks sünteetiliste taimekaitsevahendite, resistentsete sortide ja integreeritud kahjuritõrje kasutamine. Viimase poole sajandi jooksul on ilmnenud kiiresti mõjuvate sünteetiliste taimekaitsevahendite kasutamise pahupool – nende kasutamisega kaasnevad olulised keskkonna- ja terviseriskid, kuid sama märkimisväärne on ka hävitav mõju mittesihtrühmi organismidele nagu tolmeldajad ja kahjurite looduslikud vaenlased. Lisaks sellele areneb kahjuritel laialdaselt kasutatavate sünteetiliste preparaatide suhtes kiirelt välja resistentsus. Seetõttu on innovatiivsete, keskkonnasõbralike ja samal ajal ka jätkusuutlike taimekaitse strateegiate arendamine ülimalt aktuaalne.

Rakendusteadustes on hoogsalt arenenud uudsete biotehnoloogiliste võtete kasutamine ja seda ka põllumajanduses. Üheks võimalikuks lähenemisviisiks kahjurite haldamisel peetakse RNA interferentsi ehk geenivaigistustehnoloogiat (RNAi), mida saab kasutada potentsiaalselt liigispetsiifiliste tõrjevahendite loomiseks. Andrew Fire ja Craig C. Mello said 2006. aastal Nobeli preemia RNAi-alaste tööde eest, mille nad publitseerisid juba 1998. aastal. Alates RNAi kirjeldamisest on hoogsalt arenenud tehnoloogia geenide avaldumise reguleerimiseks. RNAi on täpne, efektiivne ja stabiilne geenivaigistamise mehhanism, mis esineb enamikes eukarüootides. RNAi mehhanism põhineb lühikese ahelaga (20–25 nukleotiidi) RNA fragmentidel (miRNA, siRNA), mis seondudes rakus RNA-ga muudavad selle aktiivsust. Näiteks, seondudes valgu sünteesi aluseks oleva mRNA-ga (informatsiooni RNA) takistab RNAi valgusünteesi organismides. Õige geeni leidmisel saab RNAi-d kasutada vaigistamiseks nende valkude sünteesi, mis on vajalikud kahjuri arenguks. Töötades välja kahjuri-spetsiifilise tõrjevahendi, on see ohutu teistele organismidele. RNAi liigispetsiifilisus põhineb sellel, et igale liigile luuakse kindla, temale omase nukleotiidide järjestusega lühike kaheaahelaline RNA (dsRNA). Riskihindamine on RNAi preparaatide puhul kriitilise tähtsusega, sest välistama peab juhusliku järjestuse kattumise ja sellest tuleneva geenivaigistuse mõnel teisel liigil. Selleks võrreldaks geenijärjestusi erinevate andmebaaside andmetega ja viiakse läbi laborikatseid kasulike ja neutraalsete putukatega, kes samal ajal võivad potentsiaalselt põllul viibida.

Ka EMÜ taimetervise õppetooli töörühm professor Eve Veromann'i juhtimisel ja koostöös Ghendi ülikooliga (töörühma juht professor Guy Smagghe) tegutseb

sellise täppistaimekaitsepreparaadi loomise suunas. Töörühmade fookuses on liigispetsiifilise tõrjepreparaadi loomine ühele rapsi olulisemale kahjurile kogu Euroopas naeri-hiilamardikale (*Brassicogethes aeneus*), kelle tõrjeks kasutatakse praegu peamiselt püretroididel ja neonikotinoididel põhinevaid taimekaitsevahendeid. Täna on juba leitud potentsiaalsed geenid, mille vaigistamisel suurenes hiilamardikate suremus nii mikrosüstimisel kui ka suukaudsel manustamisel. Samuti näitasid katsed hiilamardika valmikute suremust dsRNaga töödeldud rapsipungade ja tolmukate söömisel (Willow et al., 2020, 2021a, 2021b, 2021c). Katsed vastsete toitmisel preparaadiga töödeldud tolmukatega on samuti paljulubavad.

Antud katsete tulemused on üks olulisematest osadest Jonathan Willow 2021. aastal kaitsnud doktoritööst: „Tiaklopriidi, taimsete eeterlike õlide ja kahe-ahelalise RNA rakendamise võimalused hiilamardikate keskkonnasäästlikus tõrjes“.

Jätakuvalt on uuringutes olulisel kohal erinevad probleemid, mis hõlmavad nii teiste rapsikahjurite haldamiseks sobivate dsRNade leidmist, riskihindamist mittesisihtrühma organismidele kui ka väga kergesti laguneva dsRNA stabiilemaks, efektiivsemaks ja organismis paremini liikuvamaks muutmist. Viimase probleemi üheks potentsiaalseks lahendusvõimaluseks on leida sobiv biolagunev nanokandja, mis muudaks ebastabiilse dsRNA stabiilemaks ja efektiivsemaks. Eesti Teadusagentuuri poolt rahastatud uurimisprojekti PRG1056 'Uudne jätkusuutlik RNAi-tehnoloogial põhinev lahendus rapsikahjurite tõrjeks' (kestvus 2021–2025, juht Eve Veromann) eesmärgid ongi leida lahendused ülaltoodud probleemidele.

Tänuavaldused. Tööd toetas Eesti Teadusagentuuri projekt PRG1056.

Töörühma poolt seni avaldatud hiilamardika geenivaigistus-tehnoloogia alased tööd:

- Willow, J., Soonvald, L., Sulg, S., Kaasik, R., Silva, A.I., Taning, C.N.T., Christiaens, O., Smagghe, G., Veromann, E., 2020. First Evidence of Bud Feeding-Induced RNAi in a Crop Pest via Exogenous Application of dsRNA. *Insects* 11, 769.
- Willow, J., Soonvald, L., Sulg, S., Kaasik, R., Silva, A.I., Taning, C.N.T., Christiaens, O., Smagghe, G., Veromann, E., 2021a. RNAi efficacy is enhanced by chronic dsRNA feeding in pollen beetle. *Communications Biology* 4, 1–8.
- Willow, J., Soonvald, L., Sulg, S., Kaasik, R., Silva, A.I., Taning, C.N.T., Christiaens, O., Smagghe, G., Veromann, E., 2021b. Anther-Feeding-Induced RNAi in *Brassicogethes aeneus* Larvae. *Front. Agron.* 3.
- Willow, J., Sulg, S., Taning, C.N.T., Silva, A.I., Christiaens, O., Kaasik, R., Prentice, K., Lövei, G.L., Smagghe, G., Veromann, E., 2021c. Targeting a coatamer protein complex-I gene via RNA interference results in effective lethality in the pollen beetle *Brassicogethes aeneus*. *J Pest Sci* 94, 703–712.

Alternatiivsed tõrjemeetodid rapsikahjurite haldamisel

Eve Veromann, Riina Kaasik

Eesti Maaülikool ▶ eve.veromann@emu.ee

Sissejuhatus

Raps (*Brassica napus* L.) on üks tähtsaimaid õlikultuure maailmas ja enimkasvatatud õlikultuur Euroopas (FAOSTAT, 2020). Rapsi tähtsust on suurendanud õli laialdased kasutusvõimalused, tegemist on olulise toorainega nii toiduainete, loomasööda, biokütuse kui ka kosmeetika- ja keemiatööstuses. Rapsi kasvatatakse nii suvi- kui taliviljana, millest nii Eestis kui ka kogu Euroopas domineerib viimane. Nagu ka teiste kultuuridega, loob rapsi kasvatamine suurtel pindaladel soodsad tingimused spetsialiseerunud putukate arvukuse suurenemisele ja leviku laiendamisele. Riikides, kus kasvatatakse nii suvi- kui talirapsi luuakse eriti soodsad tingimused nende kahjurite levikuks, kes kasutavad õitsevat talirapsi küpsussöömiseks ja suvirapsi paljunemiseks. Rapsi ei armasta ainult ristõielistele spetsialiseerunud putukad vaid ka väga paljud teised lüljalgsete liigid, kes toituvad nektarist ja õietolmust. Näiteks mesilaselaadseid (meemesilasi, kimalasi ja erakmesilasi), parasitoide, liblikaid, sirelasi aga ka paljusid mardikaid, nokalisi jt meelitab nii kevad-süvel (taliraps) kui südasüvel (suviraps) mass-õitseva rapsi ammendamatu toiduvaru. Just rapsi atraktiivsus õietolmu- ja nektaritoiduliste lüljalgsetele on teinud kahjuritõrje keeruliseks, sest paljud efektiivsed taimekaitsevahendid on osutunud ohtlikuks ka kasulikele ja mitte-sihtrühma putukatele nagu näiteks röövtoidulised (jooksiklased, lepatriinud, parasitoidid) ja tolmeldajad.

Euroopas on rapsil kuus peamist putukkahjurit, kes kahjustades rapsi erinevaid osi, võivad tekitada olulist majanduslikku kahju taime erinevates kasvusaadiumites. Taime varsi kahjustavad küürakhüpik (*Psylliodes chrysocephalus* L. (Eestis ei esine)), varre-peitkärsakas (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsham) ja rapsi varre-peitkärsakas (*Ceutorhynchus napi* Gyllenhal (Eestis ei esine)); punge ja õisi kahjustavad naeri-hiilamardikas (*Brassicoglyphus aeneus* Fabricius syn. *Meligethes aeneus* Fabricius); seemneid ja kõtru kõdra-peitkärsakas (*Ceutorhynchus obstrictus* Marsham syn. *C. assimilis* Paykull) ja kõdra-pahksäak (*Dasineura brassicae* Winnertz) (Alford jt, 2003). Eestis võivad rapsi saagile olulist kahju tekitada eelkõige naeri-hiilamardikas, maakirbud (*Phyllotreta*) (suvirapsile), varre- ja kõdra-peitkärsakad.

Rapsi kahjurite arvukuse ohjamiseks kasutatakse peamiselt sünteetilisi insektitsiide, mille rutiinse kasutamise tagajärjel on hiilamardikatel ja kõdra-peitkärsakatel arenenud välja resistentsus erinevate, varasemalt efektiivsete toimeainete suhtes. Lisaks võivad pestitsiidid kahjustada ka paljusid kasulikke lüljalgseid kes saaksid pakkuda põllukultuuride tolmeldamise ja loodusliku kahjuritõrje näol olulisi looduse hüvesid. Töötlemiskulude vähendamiseks viiakse taimekaitsevahendid tihti põllule paagisegudes, kuid insektitsiidide ja fungitsiidide segus kasutamisel

võivad neil ilmnedä sünergilised koosmõjud suurendades seeläbi toksilisust nii parasitoididele kui ka kimalastele (Raimets jt, 2018; Willow jt, 2019). Uus Euroopa Liidu põllumajandusstrateegia 'Talust taldrikule' seab eesmärgiks taimekaitsevahendite kasutamise vähendamise 50% võrra ja tõstab esiplaanile alternatiivsete taimekaitse võtete kasutamise.

Tõmba-tõuka strateegia

Üheks võimaluseks vähendada sünteetiliste taimekaitsevahendite kasutamist on kasutada ära putukate toidutaimede eelistusi, meelitavaid ja peletavaid kultuure, käitumise eripärasid jne. Tõmba-tõuka strateegia aluseks on putukate käitumuslikud eelistused, põhikultuuri kaitseks tehakse see kahjurile võimalikult ebameeldivaks (tõuka) ja meelitatakse nad atraktiivsema kultuuri peale (tõmba). Atraktiivne kultuur ehk püüniskultuur peab kahjuri meelitama põhikultuurist eemale ajal, kui konkreetne kahjuriliik põhikultuurile olulist kahju võib teha. Näiteks hiilamardika puhul peab püüniskultuur olema rapsist atraktiivsem selle pungastaadiumis, sest ainult sel perioodil võivad toituvad hiilamardika valmikumad saaki oluliselt vähendada. Eesti tingimustes toimib suvirapsile efektiivse püüniskultuurina segu rüpsist (*Brassica rapa* L.), kapsasrohust (*B. juncea* L.), must rõikast (*B. nigra* L.) ja valgest sinepist (*Sinapis alba* L.), sest need kultuurid on rapsi pungastaadiumis hiilamardikale atraktiivsemad ja ka parasiteerituse tase on neil kõrgem (Kaasik jt, 2014; Veromann jt, 2012). Kõdra-peitkärsaka parasitoididele on atraktiivsed kultuurid õlirõigas (*Raphanus sativus* L.), kapsasrohi ja must rõigas (Kovács jt, 2017, 2013). Seejuures võib õlirõigas toimida ka surmava püüniskultuurina hiilamardika uuele põlvkonnale, sest see kultuur küll meeldis hiilamardikatele munemispäigana, kuid oluline osa vastsetest ei suutnud teise kasvujärku kestuda ja nad surid pungas (Veromann jt, 2014). Surmavateks püüniskultuurideks nimetatakse taimi, mis on kahjurile munemiseks atraktiivsed, kuid millel nende järglased ei ole võimelised arenema (Shelton, Nault, 2004).

Püüniskultuuride kasutamine rapsi kasvatamisel on potentsiaalne ennetav meetod vähendamaks sünteetiliste taimekaitsevahendite kasutamist. Samas võimaldab püüniskultuuride strateegia kasutamine kahjurite suure arvukuse korral kasutada insektitsiide kas ainult püüniskultuuril, vähendades seeläbi töödeldavat pinda või siis hävitada mehhaaniliselt püüniskultuur koos kahjuritega, säästes seega nii keskkonda kui ka tootja rahakotti. Lisaks võib kahjurite kõrge parasiteerituse taseme korral toimuda nende looduslik arvukuse kontroll, juba 32–36%-line parasiteerituse tase vähendab oluliselt kahjuri arvukust (Hawkins and Cornell, 1994) ja võimaldab keemilist tõrjet vältida.

Põllumajandusmaastiku mitmekesisus

Loodushoidlikus taimekaitses mängib olulist rolli bioloogilise tõrje säilitamine (*conservation biological control*), mis baseerub agroökosüsteemides looduslikult esinevatele kahjurite looduslikel vaenlastel, nagu näiteks röövtoidulised lüliljalgsed, parasitoidid, kahjurite patogeenid jne (Begg jt, 2017). Selleks, et tagada looduslike vaenlaste poolt pakutava kahjuritõrje jõudmine kultuurpõldudele peab põlluma-

jandusmaastikul leiduma neile soodsaid elu-, toitumis-, paljunemis-, talvitumis- ja varjepaiku. Põlluga piirnevad rohumaaribad pakuvad röövtoidulistele lüljalgsetele olulisi talvitumispaku, seal talvitub rohkem röövtoidulisi lüljalgseid kui metsaser-vades, rohumaade serva-aladel ja kattekultuuriga põldudel (Treier jt, 2017). Eestis läbiviidud katse käigus leiti põlluga piirnevate rohumaaribadelt keskmiselt 373 talvituvat röövtoidulist lüljalgset ruutmeetri kohta, kes kõik potentsiaalselt suun-duvad kultuurpõllule toituma ja kahjurite arvukust vähendama. Ka põlluga piir-nevad puudega joonelemendid on röövtoidulistele olulised talvitumispaid, seal oli vastav näitaja 289 isendit iga ruutmeetri kohta; oluline on rõhutada, et röövtoi-duliste liigiline koosseis oli erinevatel maastikuelementide erinev (Treier jt, 2017). Seega toetavad erinevad maastikuelementide tüübid erinevaid röövtoiduliste gilde ja nende mitmekesisus panustab kogu põllumajandusmaastiku elurikkusesse.

Rohumaaribad põlluservades panustavad oluliselt ka teise rapsikahjuri, kõdra-peitkärsaka looduliku tõrje edukusse. Kõdra-peitkärsaka parasiteerituse taset suu-rendab oluliselt nii rohtsete põlluservade rohkus kui nende lähedus rapsipõllule (Kovács jt, 2019). Seejuures ületas keskmine kõdra-peitkärsakate parasiteerituse tase 55% olles ligi kaks korda kõrgem tasemest, mille juures parasitoidid oma pere-mehe arvukust kontrolli all hoida suudavad ja nende populatsioonilained lame-daks suruvad (Kovács jt, 2019).

Nii õiterikkad rohumaaribad kui ka puudega joonelemendid põllumajandus-maastikul on olulised elu- ja toitumispaid ning toimivad ühtlasi liikumis-koridoridena nii tolmeldajatele kui ka kahjurite looduslikele vaenlastele. Põllu-majandusmaastiku elementide sidusus looduslike või poollooduslike kooslustega, mis toimivad nõ elurikkuse allikate ehk tuumaladena, tagab kasurite liigirikkuse ja arvukuse ning panustab seeläbi otseselt ka saagi suurusesse (Dainese jt, 2019). Dainese jt (2019) tõestasid globaalses massiivse lähteandmestikuga uuringus, et maastikuline mitmekesisus käsikäes tolmeldajate ja parasitoidide liigilise mitme-kesisusega suurendab oluliselt põllukultuuride saaki. Teine, samuti suure, ka Ees-tit hõlmava lähteandmestikuga ülemaailmne uuring tõestas, et rohumaaribad ja puudega joonelemendid suurendavad oluliselt kahjurtõrje teenust tootmispõldu-del (Albrecht jt, 2020). Muuhulgas on rohumaaribadel oluline roll taimede liigilisel koosseisul – mida suurem on õitsevate liigirikkus, seda parem on ka põllukultuu-ride tolmeldamine. Samas on õitsevate taimede olemasolu väga tähtis ka parasitoi-didele, sest parasitoidide valmikud toituvad nektarist ja laborikatsed kinnitavad, et piisava hulga kvaliteetse toidu olemasolul pikeneb nende eluiga kuni seitse korda (vastavalt 7 ja kuni 49 päeva) (Wäckers jt, 2008).

Kirjandus

Albrecht, M., Kleijn, D., Williams, N.M., Tschumi, M., Blaauw, B.R., Bommarco, R., Campbell, A.J., Dainese, M., Drummond, F.A., Entling, M.H., Ganser, D., Arjen de Groot, G., Goulson, D., Grab, H., Hamilton, H., Herzog, F., Isaacs, R., Jacot, K., Jeanneret, P., Jonsson, M., Knop, E., Kremen, C., Landis, D.A., Loeb, G.M., Marini, L., McKerchar, M., Morandin, L., Pfister, S.C., Potts, S.G., Rundlöf, M., Sardiñas, H., Sciligo, A., Thies, C., Tscharntke, T., Venturini, E., Veromann, E., Vollhardt, I.M.G., Wäckers, F., Ward, K., Wilby, A., Woltz, M., Wratten, S., Sutter, L., 2020. The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecological Letters*, 23, 1488–1498.

- Alford, D.V., Nilsson, C., Ulber, B., 2003. *Insect Pests of Oilseed Rape Crops*. In: Alford, D.V. (Ed.), *Biocontrol of Oilseed Rape Pests*. Blackwell Science Ltd, pp. 9–42.
- Begg, G.S., Cook, S.M., Dye, R., Ferrante, M., Franck, P., Lavigne, C., Lövei, G.L., Mansion-Vaquie, A., Pell, J.K., Petit, S., Quesada, N., Ricci, B., Wratten, S.D., Birch, A.N.E., 2017. A functional overview of conservation biological control. *Crop Protection*, 97, 145–158.
- Dainese, M., Martin, E.A., Aizen, M.A., Albrecht, M., Bartomeus, I., Bommarco, R., Carvalheiro, L.G., Chaplin-Kramer, R., Gagic, V., Garibaldi, L.A., Ghazoul, J., Grab, H., Jonsson, M., Karp, D.S., Kennedy, C.M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D.A., Letourneau, D.K., Marini, L., Poveda, K., Rader, R., Smith, H.G., Tscharntke, T., Andersson, G.K.S., Badenhausser, I., Baensch, S., Bezerra, A.D.M., Bianchi, F.J.J.A., Boreux, V., Bretagnolle, V., Caballero-Lopez, B., Cavigliasso, P., Četković, A., Chacoff, N.P., Classen, A., Cusser, S., Silva, F.D. da S. e, Groot, G.A. de, Dudenhöffer, J.H., Ekroos, J., Fijen, T., Franck, P., Freitas, B.M., Garratt, M.P.D., Gratton, C., Hipólito, J., Holzschuh, A., Hunt, L., Iverson, A.L., Jha, S., Keasar, T., Kim, T.N., Kishinevsky, M., Klatt, B.K., Klein, A.-M., Krewenka, K.M., Krishnan, S., Larsen, A.E., Lavigne, C., Liere, H., Maas, B., Mallinger, R.E., Pachon, E.M., Martínez-Salinas, A., Meehan, T.D., Mitchell, M.G.E., Molina, G.A.R., Nesper, M., Nilsson, L., O'Rourke, M.E., Peters, M.K., Plečáš, M., Potts, S.G., Ramos, D. de L., Rosenheim, J.A., Rundlöf, M., Rusch, A., Sáez, A., Scheper, J., Schleuning, M., Schmack, J.M., Sciligo, A.R., Seymour, C., Stanley, D.A., Stewart, R., Stout, J.C., Sutter, L., Takada, M.B., Taki, H., Tamburini, G., Tschumi, M., Viana, B.F., Westphal, C., Willcox, B.K., Wratten, S.D., Yoshioka, A., Zaragoza-Trello, C., Zhang, W., Zou, Y., Steffan-Dewenter, I., 2019. A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances*, 5, eaax0121.
- Hawkins, B.A., Cornell, H.V., 1994. Maximum Parasitism Rates and Successful Biological Control. *Science*, 266, 1886–1886.
- Kaasik, R., Kovács, G., Kaart, T., Metspalu, L., Williams, I.H., Veromann, E., 2014. *Meligethes aeneus* oviposition preferences, larval parasitism rate and species composition of parasitoids on *Brassica nigra*, *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* compared with on *Brassica napus*. *Biological Control*, 69, 65–71.
- Kovács, G., Kaasik, R., Kaart, T., Metspalu, L., Luik, A., Veromann, E., 2017. In search of secondary plants to enhance the efficiency of cabbage seed weevil management. *BioControl*, 62, 29–38.
- Kovács, G., Kaasik, R., Lof, M.E., van der Werf, W., Kaart, T., Holland, J.M., Luik, A., Veromann, E., 2019. Effects of land use on infestation and parasitism rates of cabbage seed weevil in oilseed rape: Landscape effects on *Ceutorhynchus obstrictus* infestation and parasitism rates. *Pest Management Science*, 75, 658–666.
- Kovács, G., Kaasik, R., Metspalu, L., Williams, I.H., Luik, A., Veromann, E., 2013. Could *Brassica rapa*, *Brassica juncea* and *Sinapis alba* facilitate the control of the cabbage seed weevil in oilseed rape crops? *Biological Control*, 65, 124–129.
- Raimets, R., Karise, R., Mänd, M., Kaart, T., Ponting, S., Song, J., Cresswell, J.E., 2018. Synergistic interactions between a variety of insecticides and an ergosterol biosynthesis inhibitor fungicide in dietary exposures of bumble bees (*Bombus terrestris* L.). *Pest Management Science*, 74, 541–546.
- Shelton, A.M., Nault, B.A., 2004. Dead-end trap cropping: a technique to improve management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Protection*, 23, 497–503.
- Treier, K., Kovács, G., Kaasik, R., Männiste, M., Veromann, E., 2017. The abundance of overwintered predatory arthropods in agricultural landscape elements. *IOBC-WPRS Bulletin*, 122, 68–73.
- Veromann, E., Kaasik, R., Kovács, G., Metspalu, L., Williams, I.H., Mänd, M., 2014. Fatal attraction: search for a dead-end trap crop for the pollen beetle (*Meligethes aeneus*). *Arthropod-Plant Interactions*, 8, 373–381.
- Veromann, E., Metspalu, L., Williams, I.H., Hiiesaar, K., Mand, M., Kaasik, R., Kovacs, G., Jogar, K., Svilponis, E., Kivimagi, I., Ploomi, A., Luik, A., 2012. Relative attractiveness of *Brassica napus*, *Brassica nigra*, *Eruca sativa* and *Raphanus sativus* for pollen beetle (*Meligethes aeneus*) and their potential for use in trap cropping. *Arthropod-Plant Interactions*, 6, 385–394.
- Wäckers, F.L., van Rijn, P.C.J., Heimpel, G.E., 2008. Honeydew as a food source for natural enemies: Making the best of a bad meal? *Biological Control, Conservation Biological Control*, 45, 176–184.
- Willow, J., Silva, A., Veromann, E., Smagghe, G., 2019. Acute effect of low-dose thiacloprid exposure synergised by tebuconazole in a parasitoid wasp. *PLOS ONE*, 14, e0212456.

TAIMEKAITSEVAHEN-
DITE TOKSILISTE
TOIMETE UURINGUD



Putukate hingamismustrid ja neid mõjutavad tegurid

Reet Karise, Katrin Jõgar, Angela Ploomi, Luule Metspalu

Eesti Maaülikool ▶ reet.karise@emu.ee

Sissejuhatus

Iga organismi elutegevuses on hingamine üks olulisemaid aspekte, kusjuures hingeavade kaudu organismi sisenev hapnik on aluseks füsioloogilistele protsessidele. Hapnik on aga oma olemuselt ka väga tugev reagent, mille liigse olemasolu korral võivad organismid ka kahjustuda. Erinevate organismide hapnikuga varustamise nõudlus on erinev. Suuresti sõltub see organismi hingamisteede keerukusest, kehakatete läbilaskvusest ja tema energiavajadusest. Mida suurem on organism, seda enam vajatakse püsiva elutegevuse hoidmiseks hapnikku. Imetajad, kaasa arvatud inimesed, peavad hingama pidevalt, kuigi ka meie reguleerime oma hingamise taset – aktiivsushetkedel me hingame sügavamalt ja kiiremini, puhkeajal aga pinnapealsemalt ning aeglasemalt. Kõigusoojastel organismidel on hapniku vajadus periooditi väga erinev. Näiteks kui nad on puhke- või tardeseisundis, siis vajatakse vähe hapnikku, aktiivsel hetkel aga hapnikutarve suureneb kordades. Hapniku sisenemisega paralleelselt peab organismist väljuma ka hingamisprotsessi peamine jääk – süsihappegaas. Nii hapniku sisenemist kui süsihappegaasi väljumist organismist on võimalik mõõta selleks välja töötatud aparatuuri abil. Mida väiksem on organism, seda tundlikum peab olema mõõtevahend. Eesti Maaülikooli putukate füsioloogia laboris on välja töötatud meetodid ning kohandatud aparatuur, mis võimaldab mõõta ka väikestel putukatel (näit. äädikakärbsed) nii organismi siseneva hapniku kui ka sealt väljuva süsihappegaasi hulka.

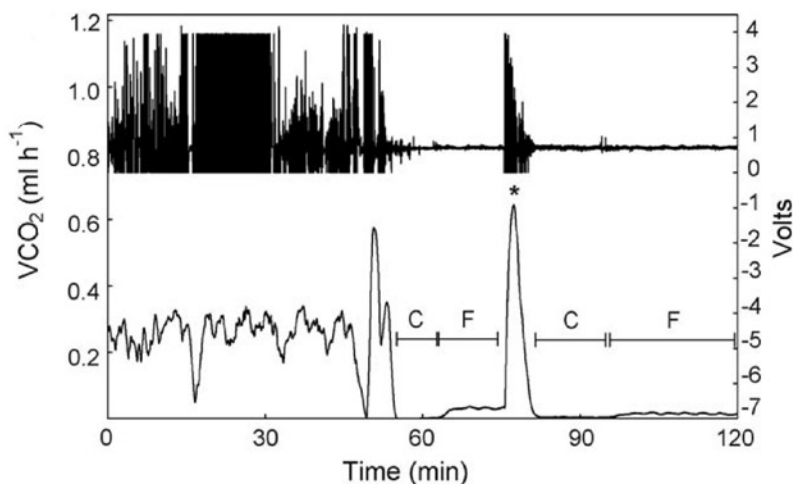
Putukate hingamismustrid

Putukate hingamise all mõistetakse eelkõige hapniku sisenemist ja süsihappegaasi eraldumist läbi putuka hingamisavade. Putuka gaasivahetus on kompleksne protsess, mis sõltub paljudest faktoritest: nii füsioloogilisest seisundist (areng, puhkeseisund, vanus jm), kui ka väisfaktoritest (temperatuur, vesi jne). Enamus putukatel on võime kontrollida hingamisavade avanemise ja sulgumise protsessi, mille tulemuseks on hingamismustrid ning nende paljusus. Tinglikult võib jaotada need kolme põhitüüpi: katkematu, tsükliline ja katkendlik gaasivahetus. Kui putukas on aktiivne, siis tema hapniku tarve on kõrge, samaaegselt on kõrge ka organismi hingamisavade kaudu väljuva süsihappegaasi hulk. Sel ajal mõõdetud gaaside hulk on püsivalt kõrge ja selle tase ei lange kunagi nulli. Sellist gaasivahetuse tüüpi nimetame siis katkematuks. Kui putukas rahuneb, siis tema hingamine muutub järkjärguliselt aeglasemaks. Tavaliselt järgnebki katkematu gaasivahetusele tsükliline hingamine, kus graafikule joonistuvad selged rütmilised gaaside eraldumised,

kuid ka siin ei lange süsihappegaasi tase nullini. Kolmas, katkendlik gaasivahetus, on selline, kus süsihappegaas väljub perioodiliselt pursetena. See tüüp on putukatel väga levinud (joonis 1), olles omane puhkeolekus või siis diapausis olevatele isenditele.

Katkendliku gaasivahetuse korral süsihappegaas väljutatakse ja hapnik hingatakse sisse tsükliliselt. Katkendliku gaasivahetuse (vastavalt hingamisavade aktiivsusele) võib jaotada kolme faasi. Esimene faas algab hingamisavade avanemisega, mille põhjuseks on süsihappegaasi rõhu tõus organismis. Läbi hingamisavade eraldub purskena suur kogus süsihappegaasi, kusjuures suurem osa sellest tuleb kudedesse ja hemolümfi salvestunud gaasist. Järgneb faas, kus hingamisavad sulguvad täielikult, gaasivahetust ei toimu ning organismis tekib hapniku alarõhk. Iseloomulikuks tunnuseks on CO_2 taseme langemine nulli. Kolmandas faasis (vibreerimisfaas) on hingamisteedes tekkinud hapnikupuudus ning hingamisavad avanevad periooditi mõneks sekundiks ja sulguvad jälle. Tekkinud rõhkude vahe mõjul imetakse hapnik putukasse. Sisse imetava hapniku tõttu on süsihappegaasi väljumine blokeeritud. Kuna organismi elutegevuse protsessid toimuvad pidevalt, ja süsihappegaasi ka pidevalt juurde tekib, siis seotakse see esmalt putuka hemolümfi puhverdussüsteemi ja alles siis eraldatakse trahheedesse. Süsihappegaasil on organismis lihastele ka lõõgastav mõju. Kui nüüd süsihappegaasi tase selle faasi lõpuks tõuseb üle kriitilise taseme, lõtvuvad sulgurlihased ning hingamisavad avanevad ning toimub üleminek esimesse faasi, toimub taas CO_2 purse.

Kuivõrd erinevad protsessid ei toimu organismis järskude muutustena vaid sujuva üleminekuna, siis võimaldab meie aparatuur jälgida neid üleminekuid graafikutel erinevate mustritena. Mustrite kestvuse, mõõtetulemuste väljalöökid



Joonis 1. Kimalase hingamismuster, mis peegeldab süsihappegaasi väljumise taset (alumine joon) putuka aktiivsuseperioodil ja kahte katkendliku hingamise tsüklit. Graafiku ülemine joon demonstreerib lihaste liigutuste aktiivsust. Alumisel joonel on näidatud katkendliku hingamise erinevad faasid (sulgetud hingavad – C, vibreerimine – F, hingavade lühiajaline avanemine – *). (Väljavõtte artiklist Karise et al. 2010.)

ulatuse ja sageduse ning mustrimuutuste taastumiste põhjal saame kindlaks määrata, missugune on antud isendi seisund. Muidugi tuleb arvestada isendiliste varieeruvustega. Oleme näinud, et osadel samades tingimustes arenenud isenditel võib toimuda üleminek aktiivsest faasist puhkeolekusse üsna järsult ning tsüklilise gaasivahetuse faas jääb hoopiski vahele, teisel aga on üleminek sujuva rahunemisega ning jälgida võib kolme üksteisele ajaliselt järgnevat gaasivahetuse mustrit. Kuid on ka isendeid, kelle hingamine jääbki aktiivseks võis siis hoopiski tsükliliseks. Adekvaatse hinnangu andmiseks tuleb samu parameetreid jälgida alati paljudel isenditel.

Hingamistüüpide funktsioon?

Hingamismustrite tekke põhjuseid seletatakse mitmeti. Kindlasti on erinevad hingamistüübid putukatele abiks erinevates tingimustes hakkama saamisel, kuid peamiselt arvatakse, et need on välja kujunenud vastavalt organismi hapniku vajadusele. Üheks olulisemaks rakenduslikuks väärtuseks tuleb pidada vee kokkuhoiu võimalust. Kuna vesi väljub kõvade kehakatega putukast eelkõige hingamisteede kaudu, siis mida pikemalt suudab putukas nii-öelda hinge kinni hoida, seda vähem vett ta ajaühiku jooksul kaotab. Erinevalt süsihappegaasist ei kogune vesi hingamisteedesse ning lühikese avatud hingeavadega hetke jooksul väljub kindel kogus veeauru. Seega, mida pikem on avatud periood, seda enam vett ka väljub. Eriti oluline on katkendlikust hingamisest tulenev vee kokkuhoid pikalt talvituvatele putukatele – tardeolekus putukas ei saa väljast vett juurde. Kuigi katkendlikul hingamisel on sõltuvalt putukaliigist ja keskkonnatingimustest erinevad funktsioonid, on see vajalik kohastumine, mille katkemine võib kahandada ka putuka eluiga. Oma töödades oleme uurinud näiteks kartulimardika (*Leptinotarsa decemlineata*) hingamismustreid ning huvitava avastusena leidsime, et ühe ja sama populatsiooni piires on talvituvatel mardikatel erinevaid hingamismustreid. Nii näiteks oli samas populatsioonis isendeid, kellel esines väga harvade süsihappegaasi pursetega katkendlik gaasivahetus ja väga madal hingamistase. Sellised isendid jäid kuni kolmeks aastaks diapausi. Leidsime ka, et arenevate kartulimardikate hulgas oli alati isendeid, kes pärast küpsussööma kaevusid mulda ja jäid järgmise kevadeni diapausi, kindlustades sellega mardikate järjepidevuse. Hingamismustrite jälgimine näitas meile ka, et halbadesse tingimustesse (liigne kuivus, nälgimine) sattunud kartulimardikad viisid oma ainevahetuse säästurežiimile – madal ainevahetustase ning tsükliline gaasivahetus. Sellest järeldasime, et nüüdseks kohalikuks muutunud kartulimardikas on olnud väga kiire kohastumisvõimega ja elujõuline. See liik ei suutnud näiteks möödunud sajandi lõpul, invasiooni alguses, meie tingimustes üldse talvituda. Leidsime, et meil on teisigi putukaliike (kakstäpp-lepatriinu (*Adalia bipunctata*)), kes on võimelised muutma oma gaasivahetuse mustreid, ainevahetuse taset ja veebilanssi vastavalt sellele, millised on elukeskkonna tingimused.

Hingamisrütmidel on oluline tähtsus ka putuka ellujäämisvõimes hapnikuvaeses või süsihappegaasirikkas keskkonnas. Kui hapnikku on vähe, on kasulik seda võimalikult vähe kulutada. On tehtud katseid, mis näitavad, et katkendliku hingamisega putukatel on hapnikuvaeses keskkonnas suurem tõenäosus ellu jääda.

Sageli on sellised tingimused pinnases talvituvatel putukatel ja selline hingamine aitab neil easoodsad tingimused üle elada. Arvatakse ka, et ajal, mil putukas aktiivseks tegevuseks palju hapnikku ei vaja, on kasulik hoiduda ülemäärase hapniku eest. On ju hapniku reaktiivsed osakesed võimelised organismi kahjustama.

Hingamismustrite muutuste põhjustajaid

Hingamist juhib kesknärvisüsteem. Kuna hingamise reguleerimiseks on putukatel vaja trahheede välimistes otstes olevad sulgurlihased avada või sulgeda, siis vajavad lihased selleks närviimpulsse. Kui närvisüsteemi kahjustada nii, et impulss närvirakust lihasrakku või lihtsalt piki närvirakke ei liigu, siis ei saa putukas ka hingamisavade avatust reguleerida. Tagajärjeks võib olla kas hapnikuvaegus, kui lihased hingeavasid kinni hoiavad või hapniku üleküllus, aga ka üleliigne veekadu kui hingeavad on püsivalt lahti.

Nagu juba märgitud, peegeldavad hingamismustrite muutused putukate reaktsiooni keskkonnatingimuste (niiskus, temperatuur, insektitsiididega kokkupuutumine) võimalikele muutustele. Väga sagedaseks hingamismustrite muutuste põhjustajaks on aga näiteks keskkonnamürgid. Taimekaitsevahenditest on insektitsiidid suures enamikus neurotoksilised, mis mõjutavad putukate närvisüsteemi. Kuna erinevad toksilised ained mõjuvad nii närvide ja lihaste erinevatele detailidele kui ka nende koostoimele, siis on insektitsiidide mõjud ka varieeruvad.

EMÜ taimekaitse õppetoolis oleme uurinud pestitsiidide mõjusid erinevate putukaliikide hingamissüsteemidele. Katsetest on selgunud, et mõned putukad on nende suhtes tundlikumad, teised vähem tundlikud või puudub tundlikkus üldse. Erinevad doosid mõjutavad samuti erinevalt, sageli ka mitte samasuunaliselt. Madalam doos võib põhjustada ühe reaktsiooni, sama preparaadi kõrgem doos aga hoopis vastupidise. Detailsete ja tundlike uurimismeetodite kasutamine pestitsiidide mõjude uurimisel on oluline seetõttu, et näiteks hingamine on iga organismi jaoks üks baasfunktsioonidest, mille muutused ei sõltu kuigivõrd kõrvalistest detailidest. Kui mitmed käitumuslikud uurimisdetailid võivad anda vahel ka valesignaale, siis organismi baasfunktsioonid seda teha ei saa. Lisaks on insektitsiidide toimet putuka käitumisele mõõta väga keeruline. Näiteks võib olla madalate dooside tegelekku mõju väga raske tuvastada, kui jälgida ainult liikumist või toitumist. Võibolla ta lihtsalt ei taha liikuda või süüa ning keemilisel välismõjul pole mingit välispidiselt jälgitavat toimet? Baasfunktsioonide mõõtmine aga näitab ära täpselt ka sellised ülimaldaste dooside toime, mille tagajärjed võivad olla varjatud või on neil järeletoimed. Samuti võimaldavad meie uurimismeetodid ja aparatuur määrata ka selliste dooside toimet, kus algsed hingamismustrid aja jooksul taastuvad, aga ka selliseid, milliste puhul seda ei toimu. Meie katsetest näiteks selgus, et pärast erinevate putukaliikide (kartulimardikas, suur-kapsaliblika (*Pieris brassicae*) nukk, süsi-ketasjooksiklane (*Platynus assimilis*) kokkupuudet madalate insektitsiidide doosidega, asendus varasem katkendlik hingamine pidevaga, põhjustades letaalse veekao ning ressursside kiire kahanemise. Sageli iseloomustasid töödeldud putukaid pidevad pumpavad tagakeha liigutused ja ebaregulaarsed lihaste aktiivsuseperioodid, mis omakorda näitasid meie kasutatava aparatuuri erakordset tundlikkust

ning metoodika head taset. Saadud tulemusi on võimalik rakendada uute ja keskkonnale ohutamate taimekaitsetehnoloogiate väljatöötamisel.

Hingamismustrite uurimine aitab meil ka mõista, kuidas toimub uude keskkonda tulnud liikide kohastumine. Just see aitab meil ka selgitada, miks mõne kartulit asendava alternatiivse toidutaimeliigi tarbimine nõrgendas kartulimardika talvekindlust. Seda teavet saame ära kasutada kartulimardika ohjeldamiseks: kui me teame mardikale hästi sobivaid alternatiivseid toidutaimi ja hoolitsemi, et kartulitaimi ega sobivaid asendusi mardikatele kättesaadaval ei ole, saame vähendada teise põlvkonna arengu edukust ja järelikult vähendada järgmise aasta mardikate hulka. Veelgi enam – saame valida erilisi püünistaimi, mis meelitavad mardikaid toituma, kuid hiljem pärsivad nende talvitumisevõimet.

Viimastel aastatel on uudsenähtud arendamisel taimekaitsetehnoloogia, kus mesilasi kasutatakse bioloogiliste taimekaitsevahendite levitajatena. See on väga keskkonnasõbralik lahendus, sest mesilased vajavad lendamiseks kütusena diisli asemel nektarit, mida nad saavad just samalt taimelt, kuhu ta preparaati kannab. Süsteemi edukus aga sõltub sellest, kas transporditav preparaat mesilastele on ka ohutu. Hingamismustrite kaudu selgitasime, et hahkhallituse vastane Prestop Mix võib mesilastele kaoliini, ühe peamise inertse koostisosa, tõttu ohtlik olla. Selgus ka, et see oht ei seisne mitte putuka hingamisavade blokeerimises nagu ülemaailmselt kaua aega oli oletatud, vaid hoopis kutiikula kahjustamises. Kaoliin on abratsiivne pulber ning on võimeline putuka kutiikulat õhemaks kulutama või siis imab ta endasse kutiikulat veekindlaks muutvaid lipiide. Tänu sellele avastusele muudeti ka preparaadi koostisosi mesilastele ohutumaks.

Kokkuvõte

Kuigi putukate hingamine ja selle muutuse uurimine võib esmapilgul tunduda väga teoreetiliseks, siis tegelikkuses avas see meile ka häid võimalusi peendetailide mõistmiseks. Seal, kus käitumise uurimisest vastuste saamiseks enam ei piisa, tuleb piiluda sügavamale. Eesti Maaülikooli putukate füsioloogia laboratooriumi käsutuses olev aparatuur ja teadmised aitavad selgitada mitmete fenomenide põhjuseid aitamaks kaasa jätkusuutliku põllumajanduse edenemisele.

Kirjandus

- Jõgar, K., Kuusik, A., Metspalu, L., Hiiesaar, K., Grishakova, M., Luik, A. 2008. Effects of Neem EC on gas exchange, Tracheal ventilation, and water loss in diapausing pupae of *Pieris brassicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2, 165–173.
- Jõgar, K., Kuusik, A., Metspalu, L., Ploomi, A., Williams, I.-H., Hiiesaar, K., Luik, A., Sibul, I., Mänd, M. 2016. Gas Exchange pattern in the two-spot ladybird beetle, *Adalia bipunctata*, differs in dry vs. moist air. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 160, 156–163.
- Karise, R., Kuusik, A., Mänd, M., Metspalu, L., Williams, I.H., Hiiesaar, K., Luik, A., Muljar, R., Liiv, K. 2010. Gas exchange patterns of bumble bee foragers before and after exposing to lowered temperature. *Journal of Insect Physiology*, 56 (5), 529–535.
- Karise, R., Muljar, R., Smagghe, G., Kaart, T., Kuusik, A., Dreyersdorff, G., Williams, I.H., Mänd, M. 2016. Sublethal effects of kaolin and the biopesticides Prestop-Mix and BotaniGard on metabolic rate, water loss and longevity in bumble bees (*Bombus terrestris*). *Journal of Pest Science*, 89 (1), 171–178.

- Kivimägi, I., Kuusik, A., Ploomi, A., Metspalu, L., Jõgar, K., Williams, I.H., Mänd, M., Sibul, I., Luik, A. 2013. Gas exchange patterns in *Platynus assimilis* (Coleoptera, Carabidae): Respiratory failure induced by a pyrethroid. *European Journal of Entomology*, 110 (1), 47–54.
- Ploomi, A., Kuusik, A., Jõgar, K., Metspalu, L., Hiiesaar, K., Karise, R., Williams, I., Sibul, I., Mänd, M. 2018. Variability in metabolic rate and gas exchange patterns of the Colorado potato beetle of winter and prolonged diapauses. *Physiological Entomology*, 43 (4), 251–258.

Sünteetiliste taimekaitsevahendite madalate dooside kahjulik mõju ja koosmõju tolmeldajatele ja põllukultuuride kahjurite looduslikele vaenlastele

Enno Merivee, Reet Karise, Eve Veromann,
Risto Raimets, Jonathan Willow, Anne Must
Eesti Maaülikool ▶ enno.merivee@emu.ee

Sissejuhatus

Rachel Carsoni häirekella lööv raamat „Hääletu kevad“ nägi ilma valgust 59 aastat tagasi. Raamat, mis dokumenteeris põllumajanduslike pestitsiidide valimatu kasutuse poolt põhjustatud hukatuslikke tagajärgi elusloodusele. Raamat, mis muutis suhtumist pestitsiididesse ja raamat, mis muutis maailma. Paradoksaalsel moel on sama probleem täna uuesti teravalt päevakorral või õigemini, probleemid ei kadunudki kuhugi. Nii teadlaskond kui ka avalikkus tunneb üha suurenevat muret kasvavat maakera rahvastikku toitva intensiivpõllunduse negatiivsest mõjust elurikkusele. Elupaikade hävimine ja/või killustumine ning sünteetiliste taimekaitsevahendite laialdane kasutamine on põhjustanud lüljalgsete, kahepaiksete, lindude ja teiste organismide arvukuse ja bioloogilise mitmekesisuse katastroofilist vähenemist ülemaailmselt. Kasulike, põllumajanduslikus toidutootmises loodusehüvesid (ehk ökosüsteemi teenuseid) pakkuvate tolmeldajate ja röövtoiduliste putukate sh parasitoidide populatsioonid on samuti tõsiselt ohustatud.

Euroopa Liidus on pestitsiidide kasutamine vastavate määruste ja direktiividega rangelt reguleeritud. Kehtiv pestitsiidide keskkonnariski hindamise (KRH) protseduur, mille peamiseks eesmärgiks on vältida vastuvõetamatut kahjulikku mõju mittesihtorganismidele, on kahjuks aegunud ja sisuliselt ebaõnnestunud. Direktiiv pole suutnud pestitsiidide kasutamise laastavalt kahjulikku mõju looduses keskkonnale ära hoida. Kehtiv KRH protseduur ignoreerib stsenaariume, kus looduses eksisteerivad pestitsiidide madalad doosid võivad mittesihtorganismides tekitada suure hulga mittesurmavaid kahjulikke talituslikke ja käitumishäireid, samuti pikaajalisi kumulatiivseid ning mitme aine puhul ka sünergistlikke mõjusid. Kui neid kahjulikke mõjusid mitte arvestada, võib ohutuks tunnistatud ja turule lubatud insektitsiidide, fungitsiidide, herbitsiidide, akaritsiidide jt keemiliste taimekaitse vahendite toksiline mõju kasulikele putukatele ja looduskeskkonnale tervikuna olla tugevalt alahinnatud.

Insektitsiidide madalate dooside mõju jooksiklaste põhikäitumistele

Üldine motoorne aktiivsus ja liikumine on kõikide loomade põhiomadused, mis peegeldavad mitmesuguseid eluprotsesse ning on paljude käitumismustrite lahuta-

matu osa. Nad on kesksed migratsioonis, otsingulises käitumises, elupaiga valikus, sigimises, termoregulatsioonis, vaenlaste eest hoidumises jne. Seega, motoorse aktiivsuse mustrite mõõtmine peegeldab paljusid putuka ja keskkonna vastastikmõju ning tema füsioloogilise ja ökoloogilise seisundi aspekte. Ksenobiootiliste ainete poolt tingitud muutused liikumises väljendavad putuka integreeritud reaktsiooni biokeemilistele ja füsioloogilistele muutustele ning võivad seeläbi häirida paljusid ökoloogilise kohasusega seotud normaalseid käitumismustreid. Seetõttu on üldine motoorne ja liikumisaktiivsus kui kergesti mõõdetavad tunnused ökotoksikoloogiliselt väärtuslikud biomarkerid.

Putukate sensoorse füsioloogia töörühm mõotis labori tingimustes püretroidse insektitsiidi alfa-tsüpermetriini mõju süsi-ketasjooksiku liikumisaktiivsusele kontsentratsioonide vahemikus 0,01–100 mg L⁻¹ kasutades videoanalüüsi meetodeid. Leidsime, et mõne sekundiline kokkupuude püretroidi subletaalsete kontsentratsioonidega põhjustab mardikatel lühiaegset (alla 2 tunni) lokomotoorset üliaktiivsust, millele järgneb pikemaajaline (üle 24 tunni) vaegaktiivsus. Silmatorkavaid aktiivsuse muutusi täheldasime isegi püretroidi kontsentratsioonil 0,01 mg L⁻¹, mis on põllul maksimaalselt lubatud kontsentratsioonist (750 mg L⁻¹), 75 000 korda madalam. Mõne päeva möödudes mardikate normaalne liikumisaktiivsus peale ühekordset mürgistust siiski taastub. Saadud tulemused näitavad, et vastupidi Euroopa Liidu keskkonna riski hinnangule, ei ole alfa-tsüpermetriini subletaalsed doosid keskkonnale ja mitte-sihtorganismidele ohutud. Isegi väga madalatest doosidest tingitud toksiline stress võib tõsiselt häirida mardikate paljusid põhikäitumisi, vähendada nende kohasust ja kokkuvõttes negatiivselt mõjutada jooksiklaste arvukust põllumajandusmaastikel.

Mõõtsime ka alfa-tsüpermetriini subletaalsete dooside mõju jooksiklaste käitumuslikule termoregulatsioonile eksperimentaalsel soojusmosaiiksel arenil (20–45 °C), mis imiteerib tüüpilisi järskude temperatuuri gradientidega põlluelupaiku. Videoanalüüs näitas, et 10-sekundiline kontakt püretroidi madala doosiga (0,1–10 mg L⁻¹) vähendab drastiliselt mardikate võimet ülekuumenemist vältida. Olles võimetud eemale hoiduma ohtlikult palavatest kohtadest, sureb osa mardikaid kuumarabanduse tagajärjel. Ellujäänud, kuumarabandust vältinud mardikatel ilmneb mitmeid käitumishäired. Näiteks viibivad nad kontrollmardikatega võrreldes oluliselt kauem ebasoodsalt kõrgete temperatuuride mõjualas ning vähem jahedates varjupaikades (20 °C). Püretroidi nõrkade dooside negatiivne mõju mardikate käitumusliku termoregulatsiooni võimele avaldub veel ka järgmisel päeval peale töötlust, kuid nõrgemalt. Kestva viibimisega liigses palavuses kaasneb terve kompleks kahjulikke mõjusid nii raku kui ka kõrgemal tasemetel, mis vähendavad mardikate kohasust, paljunemisvõimet ja lõppkokkuvõttes ka arvukust.

Neonikotinoid tiametoksaami madalate dooside suukaudse manustamise mõju liikumisaktiivsusele ja toidu tarbimise määrale mõõtsime süsi-ketasjooksikul kasutades käitumise videoanalüüsi ja tarbitud toidu kaalumist. Akuutse toksilisuse katses osutus tiametoksaami letaalseks doosiks (LD₅₀) suukaudsel manustamisel 114,5 ng putuka kehakaalu grammi kohta. Tiametoksaami mõju mardikate käitumisele mõõtsime dooside vahemikus 1,1 kuni 108,1 ng g⁻¹. Leidsime, et vaid manustatud insektitsiidi kõrgeim doos (108,1 ng g⁻¹) põhjustab mardikate üliak-

tiivsust mitme tunni vältel. Järgmisel päeval peale töötlust on kõik mardikad vaegaktiivsed sõltumata saadud doosist. Puhta toidu tarbimise langus on mürgistunud mardikate teine tähtis käitumishälve, mida me oma uurimuses esmakordselt demonstreerisime. Taastumine liikumis- ja toitumisaktiivsuse häiretest võtab ühekordse mürgistuse puhul aega mitu päeva. Saadud tulemusi on vaja arvestada integreeritud taimekaitses, kus otsustava tähtsusega parimate tulemuste saavutamiseks on insektitsiidi vähendatud kasutamine ja biotõrje optimaalse kombinatsiooni leidmine.

Meie öko-toksikoloogiliste uurimuste raames kogus Ene Tooming väärtuslikku katsematerjali ka oma doktoritöö „Neurotoksiliste insektitsiidide subletaalne toime põllumajanduslikult oluliste jooksiklaste põhikäitumistele“ (2017) tarbeks.

Subletaalsete pestitsiidi dooside mõju kimalastele ja meemesilastele

Meemesilased ja kimalased on väärtuslikud tolmeldajad nii põllukultuuride kui ka looduslike taimede jaoks. Kuna mõlemad nimetatud tolmeldajatest käivad sageli korjel õitsvatel kultuurtaimedel kui ka umbrohtudel, mis võivad kasvada kas põllu sees või põldude lähikondades, puutuvad nad tihti kokku ka pestitsiididega. Taimetervise töörühmas läbi viidud uuringud on näidanud, et meemesilaste korjatud õietolmudes leidub mitmeid pestitsiidide jääke. Jääkide kontsentratsioonid on enamast madalad, kuid rasvlahustuvad pestitsiidide toimeained kipuvad mesitaru kogunema. Tarudest leitud pestitsiidide hulgas oli nii insektitsiidide, fungitsiidide kui ka herbitsiidide jääke. Mesilased koguvad õietolmu kärjekannudesse ning talletavad seda pikema aja jooksul. Õietolmu seest liiguvad need ained ka kärjekannu vahasse ning vaha korduval kasutamisel kuhjuvad sinna. Aasta aastalt nende ainete kontsentratsioonid suurenevad ning võivad hakata mõjutama näiteks mesilaste vastsete arengut. Õietolmu ja vahast oleme leidnud nii põllul kasutatavate kui ka mesitarus Varroalesta tõrjeks kasutatavate ainete jääke. Kuigi inimesed kipuvad mesilasteni jõudvate pestitsiidide allikana näpuga just rapsi poole näitama, nägime, et see ei ole siiski nii. Põldudel kasutatavad pestitsiidid ei ole seotud ühegi konkreetse taimeliigiga, ka teraviljade kasvatamisel kasutatavad ained jõuavad umbrohtude ja töötlemisaegse triivi kaudu mesilasteni.

Me viisime läbi katse, milles uurisime, kas need ained mõjutavad näiteks meemesilaste mesilasema arengut. Valisime kaks enam kasutatavat pestitsiidi, taufluvalinaadi (kasutatakse nii õitsvate kultuuride töötlemisel kahjurputukate vastu kui Varroalesta tõrjeks tarus) ja tebukonasooli (universaalne fungitsiid seenhaiguste tõrjeks paljudel kultuuridel). Me ostime pestitsiidijääkide vaba mahevaha, tegime sellest emakupu alused. Osade kupualuste vahasse segasime lisaks puhast taufluvalinaati, teistesse tebukonasooli ja kolmandatesse mõlemat ainet. Soovisime näha, kas mõlema aine puhul ilmneb ka toime muutust võrreldes üksikute ainetega. Mõlemate ainete kontsentratsioonid valiti sarnaselt neile, mida oleme mesilasvahas leidnud. Me nägime, et pestitsiidide mõjud võivad erinevatel aastatel erinevad olla, tebukonasooli sisaldanud vahal kasvanud mesilasema vastsete hulk, mida töomesilased üles ei kasvanud, oli suurem kui kontrollis. Taufluvalinaat see-

vastu mõjutas koorunud mesilasemade kehamassi. Igasugused häired mesilasemade arengus võivad aga põhjustada muutusi tema munemisvõimes, tema võimes töomesilasi feromoonidega mõjutada ning tulemuseks võivadki olla püsivalt kõrged iga-aastased mesilasperede hukkumised, nagu mesinikud juba pikema aja jooksul on täheldanud.

Tolmeldajad puutuvad korraga kokku mitmete pestitsiididega. Seetõttu on oluline uurida ka nende koosmõjusid. On juba ammu teada, et erinevate kemikaalide kokku segamisel võivad need omavahel üksteise mõju tugevust muuta. Mõjud võivad olla antagonistilised, ehk üks aine pärsib teise mõju, kumulatiivsed, st ühe aine mõjule liitub teise aine mõju ning sünergistlikud, mis tähendab, et kahe aine puhul on mõju oluliselt tugevam kui esimese ja teise ainete mõjude summa. Me uurisime nelja erineva insektitsiidi mõju muutust kimalastele, kui kimalased olid kokku puutunud ka fungitsiidiga. Teatud tüüpi, nn -asool tüüpi fungitsiidide kohta on mitmed teadlased leidnud, et meemesilaste puhul võib esineda toime võimendumine, sest need fungitsiidi takistavad meemesilaste organismis toksiliste ainete lagundamist. Me tahtsime teada, kas samasugused nähtused toimuvad ka kimalastes ja kas erinevate insektitsiidide korral on fungitsiidiga (imasaliil) koos mõjude muutused samasugused. Kõik testitud insektitsiidid, fiproniil, tiametoksaam, imidaklopriid ja tsüpermetriin, on närvimürgid. Leidsime, et segus imasaliil põhjustas sünergistilise mõju tõusu fiproniili, tiametoksaami ja tsüpermetriini puhul, aga mitte imidaklopriidi puhul. Näitasime, et isegi samasse insektitsiidi klassi kuuluvate ainete puhul võivad koostoimed täiesti erinevad olla. Nii tiametoksaam kui imidaklopriid on tänaseks päevaks Euroopa Liidus põldudel kasutamiseks keelatud, kuid uute ja efektiivsete toimeainete otsimine ja tootmine jätkub ning varasemad kogemused öko-toksikoloogiliste mõjude tuvastamisel on äärmiselt väärtuslikud ka uute ainete välja töötamise, kasutusele lubamise ja tagajärgede selgitamise juures.

Nimetatud materjalide põhjal kaitsti Eesti Maaülikoolis 2019 aastal ka Risto Raimetsa poolt doktoritöö „Süntetiliste ja bioloogiliste pestitsiidide mõjud meemesilastele ja kimalastele“.

Süntetiliste taimekaitsevahendite sünergiliselt kahjulik mõju parasitoididele ja alternatiivsed looduslikud insektitsiidid

Põllumajandusmaastikus looduslikult esinevad röövtoidulised lüljalgsed pakuvad tootjatele üliolulist looduse hüve – looduslikku kahjuritõrjet. Röövtoidulistel lüljalgsedel, sealhulgas parasitoididel, on asendamatu roll kahjurite arvukuse reguleerimisel. Piisava arvukuse korral suudavad röövtoidulised lüljalgsed hoida kahjurite arvukuse allpool majanduslikku tõrjekriteeriumi ja seega saavad otseselt vähendada tootjate kulutusi taimekaitsevahenditele. Kahjuks on loodusliku kahjuritõrje roll intensiivse maakasutuse ja põllumajanduskeemia kasutamise tulemusel ohustatud. Intensiivne maakasutus eemaldab pool-looduslikud maastikuelemendid, mis on elu-, toidu-, varje-, paljunemise- ja talvitumispaidad kasuritele, põllumajandusmaastikust. Kahjurite tõrjeks kasutavad preparaadid võivad mürgised olla ka samal ajal põllul viibivatele kasulikele organismidele. Väga sage on praktika, kus tootjad viivad kulutuste vähendamiseks erinevad taimekaitsevahendid põldu-

dele nõ paagisegudes, ehk siis segatakse kokku näiteks putuka- kui seenemürgid. Samas ei tehta taimekaitsevahendeid turule lubades riskihinnangut erinevate preparaatide potentsiaalsetest koosmõjudest.

Me viisime läbi katse, kus hindasime putukamürgi (neonikotinoidide klassi kuuluv tiaklopriid) ja fungitsiidi (tebukonasool) erinevate dooside toksilisust parasitoididele nii eraldi kui koosmõjus. Parasitoidi mudelliigiks kasutasime lehetäivamplast *Aphelinus abdominalis*, kes on oluline biokontrolli agent lehetäide tõrjes. Kasutasime erinevaid madalaid doose, millega kokkupuude tootmispõldudel on tõenäoline. Osutus, et putuka- ja seenemürgi segus kasutamisel oli sünergiliselt toksiline mõju parasitoididele, sest nende suremus suurenes hüppeliselt.

Taimsetel eeterlikel õlidel baseeruvad taimekaitsevahendid on keskkonnasõbralikud alternatiivid sünteetilistele taimekaitsevahenditele. Taimseid eeterlikke õlised on kasutatud ajalooliselt juba pikka aega kahjuritõrjes kuid nende kasutamine on jäänud tagasihoidlikuks. Käesoleval ajal on nad aga uuesti fookusesse tõusnud kui keskkonnasõbralikud alternatiivid sünteetilistele taimekaitsevahenditele. Me viisime läbi katse, kus uurisime seitsme erineva taimse eeterliku õli mõju rapsi ühele kõige olulisemale kahjurile – hiilamardikale (*Brassicogethes aeneus*). Töötlesime katses hiilamardikaid aed-liivatee (*Tymus vulgaris*), hariliku aniisi (*Pimpinella anisum*), apteegi tilli *Foeniculum vulgare*, vürtsköömne (*Cuminum cyminum*), kaneeli (*Cinnamomum verum*), hariliku köömne (*Carum carvi*) ja hariliku kanepi (*Cannabis sativa*) erinevate kontsentratsioonidega ja hindasime putukate suremust ja mobiilsust. Kõige tõhusamaks hiilamardikate vastu osutus kaneelikoor, kuid sellelgi poolelt olid kasutatud kontsentratsioonid liiga kõrged põllutingimustes kasutamiseks. Samas on edasised uuringud vajalikud, sest leiti nii toksiline kui repellentne mõju hiilamardikatele ja tuleks leida eeterlike õlide efektiivseim aktiivaine, et seda edasi arendada taimekaitsevahendiks.

Antud uurimistööd on üks osa Jonathan Willow 2021. aastal kaitstud doktoritööst: „Tiaklopriidi, taimsete eeterlike õlide ja kahe-ahelalise RNA rakendamise võimalused hiilamardikate keskkonnasäästlikus tõrjes“.

Kirjandus

- Merivee, E., Tooming, E., Must, A., Sibul, I., Williams, I. 2015. Low doses of the common alpha-cypermethrin insecticide affect behavioural thermoregulation of the non-targeted beneficial carabid beetle *Platynus assimilis* (Coleoptera:Carabidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 120, 286–294.
- Raimets, R., Bontšutšnaja, A., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Kaart, T., Puusepp, L., Pihlik, P., Keres, I., Viinalass, H., Mänd, M., Karise, R. 2020. Pesticide residues in beehive matrices are dependent on collection time and matrix type but independent of proportion of foraged oilseed rape and agricultural land in foraging territory. *Chemosphere*, 238, 1–9. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.124555.
- Raimets, R., Karise, R., Mänd, M., Kaart, T., Ponting, S., Song, J., Cresswell, J. 2018. Synergistic interactions between a variety of insecticides and an EBI fungicide in dietary exposures of bumble bees (*Bombus terrestris* L.). *Pest Management Science*, 74 (3), 541–546. DOI: 10.1002/ps.4756.
- Tooming, E., Merivee, E., Must, A., Merivee, M.-I., Sibul, I., Nurme, K., Williams, I.H. 2017. Behavioural effects of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam on the predatory insect *Platynus assimilis*. *Ecotoxicology*, 26, 902–913.

- Tooming, E., Merivee, E., Must, A., Sibul, I., Williams, I. 2014. Sub-lethal effects of the neurotoxic pyrethroid insecticide Fastac 50EC on the general motor and locomotor activities of the non-targeted beneficial carabid beetle *Platynus assimilis* (Coleoptera: Carabidae). *Pest Management Science*, 70, 959–966.
- Willow, J., Silva, A., Veromann, E., Smagghe, G. 2019. Acute effect of low-dose thiacloprid exposure synergised by tebuconazole in a parasitoid wasp. *PLOS ONE* 14, e0212456.
- Willow, J., Sulg, S., Kaurilind, E., Silva, A.I., Kaasik, R., Smagghe, G., Veromann, E. 2020. Evaluating the effect of seven plant essential oils on pollen beetle (*Brassicogethes aeneus*) survival and mobility. *Crop Protection*, 134, 105181.

Putukate sensoorne morfoloogia ja füsioloogia

Enno Merivee, Anne Must, Karin Nurme

Eesti Maaülikool ▶ enno.merivee@emu.ee

Jooksiklaste tundlasensillide morfoloogia

Jooksiklased oma suure liigilise mitmekesuse ja arvukusega mängivad tähtsat rolli maismaa ökosüsteemides. Põllumajanduses on nad olulised biotõrjes kui paljude kahjurite looduslikud vaenlased ja umbrohtude seemnepanga vähendajad. Kuigi putukate võime tajuda mitmesuguseid keemilisi ja füüsikalisi välis-stiimuleid on nende toiduotsingu, liigisese suhtlemise, elupaiga ja varjekohtade otsingu, ohtude vältimise jne aluseks, olid teadmised jooksiklaste sensoorsete võimete kohta 21. sajandi alguses väga armetus seisus. Sellepärast alustasime päris algusest. Koostöös Zooloogia ja Botaanika Instituudi ja Tartu Ülikooli Füüsika Instituudi elektronmikroskoopistide Märt Rahi ja professor Väino Sammelseljaga analüüsisime sensoorsete struktuuride (sensillide) morfoloogilist tüpoloogiat, ohtrust ja paiknemise mustrit kolme meie põldude suurearvulise ja tähtsa jooksiklase, pisi-jooksikute *Bembidion properans* ja *B. lampros* ning kirju-ketasjooksiku *Platynus dorsalis* tundlatel. Sellesse ajajärku jääb ka meie viljakas rahvusvaheline koostöö Kuningliku Veterinaaria ja Põllumajandusülikooli (Taani) elektronmikroskoopisti professor José Brescianiga. Taotlesime võimalikult suurt detailsust, mistõttu need analüüsid olid väga töömahukad. Meie tulemused näitasid, et jooksiklaste tundlad on meeleeelunditega rikkalikult varustatud.

Uuritud jooksiklaste tundlatel eristasime väliskuju põhjal 13 tüüpi sensille, mis peenstruktuuride iseärasustest tulenevalt liigituvad lõhna, maitse, puute, temperatuuri, õhuniiskuse, vibratsiooni ja tundmatu funktsiooniga sensoriteks. Sensillide koguarv ühel tundlal jääb vahemikku 1500 kuni 5300 olles otseses sõltuvuses liigi suuruselt. Lõhnasensille leidub uuritud liikide ühel tundlal 800 kuni 3000. Nendest suuremaid maitseharjaseid on tunduvalt vähem, 70 ringis. Puuteharjaste arv jääb vahemikku 700 pisi-jooksikutel kuni 2050 kirju-ketasjooksikul. Uuritud kolmel jooksiklasel soolisi erinevusi tundlasensillide välisehituses, arvus ja paiknemises ei esine. Nimetatud morfoloogised uuringud löid kindla aluse jooksiklaste tundlasensillide funktsiooni uurimiseks ning päädisid Angela Ploomi doktoritöö „Jooksiklaste (Coleoptera, Carabidae) tundlasensillide morfoloogia ja elektrofüsioloogia“ kaitsmisega (2004).

Maitseharjase tundneuronite funktsioon

Maitseharjased on kõige suuremad sensillid jooksiklaste tundlatel. Nende pikkus jääb vahemikku 40–80 µm pisi-jooksikutel ja 100–200 µm keskmise suurusega süsijooksikutel ja ketasjooksikutel. Kuus kuni seitse tipupooriga harjast paikneb

igal tundlapiu lülil moodustades korrapärase männase. Elektrofüsioloogiste katsete käigus tuvastasime, et maitseharjaseid innerveerib 5 neuronit. Kaks neuronit reageerib erineval moel elektrolüütide vesilahustele. Need on soola- (SoN) ja pH-neuron (pHN). Kolmas neuron on suhkrutundlik (SuN) ja neljas reageerib ainult toksilistele või kibeainetele, näiteks mõnede alkaloididele ja glükosiididele. Viies on puuetundlik neuron, mis keemilistele stiimulitele ei reageeri.

SoN reageerib elektrolüütide lahustele faasilis-tooniliselt silmatorkava faasilise komponendiga olles tundlik nii lahuste ioonse koostise kui ka kontsentratsiooni suhtes. Stimuleeriv efekt sõltub rohkem katioonidest kui anioonidest ning enamikul juhtudel on monovalentsed katioonid palju efektiivsemad stiimulid kui kahevalentsed katioonid. Neuronil impulss-aktiivsust mõjutab ka lahuse pH tase. SoN tundlikkus mõnede soolade suhtes võib olla kõrge. Näiteks juba 1 mM NaCl põhjustab neuronis märgatava impulss-aktiivsuse tõusu. pHN-i reaktsioon elektrolüütide lahustele on samuti enamasti faasilis-tooniline, kuid nõrga või puuduva faasilise komponendiga. Sellele neuronile on iseloomulik, et lahuse pH tase mõjutab tema impulss-sagedust suuremal määral kui ioonne koostis või kontsentratsioon. Aluselised lahused põhjustavad tunduvalt tugevama reaktsiooni kui neutraalsed või happelised lahused. Reaktsioon happelistele lahustele on minimaalne. Kuna pHN pole putukatel varem avastatud, demonstreerisime selle olemasolu jooksiklastel kolmel erineval meetodil. Maitseharjase SuN tundlikkust erinevate pentooside, heksooside, di- ja trisahhariidide suhtes mõõtsime kahel erineva toidumenüüga jooksiklasel ja võrdluseks ka taimtoidulisel tume-viljanaksuril. Analüüs näitas, et suhkrute spekter, millele SuN suuremal või vähemal määral reageerib erineb liigiti. Jooksiklastele osutusid kõige aktiivsemateks kaks α -1,4-glükosiidse sidemega disahhariidi sahharoos ja maltoos, tume-viljanaksuril seevastu sahharoos ja fruktoos. Leidsime, et toidetud mardikatega võrreldes on 96 tundi nälgitud mardikate SuN suhkrutundlikkus 2–3 korda kõrgem. Maitseharjase neljas kemosensoorne neuron osutus äärmiselt tundlikuks mõnede kinoliinalkaloidide näiteks kiniini ja kiniinhüdrokloriidide suhtes reageerides juba 0,01 mM lahusele impulss-aktiivsuse tõusuga. Lisaks sellele, nii kiniin kui ka kiniinhüdrokloriid 10 mM NaCl lahuses pärssisid tugevalt SoN ja pHN neuraalset aktiivsust. Samasugust SoN ja pHN aktiivsust pärssivat efekti täheldasime ka mõnede teiste alkaloidide ja glükosiidide, näiteks salitsiini, sinigriini, kofeiini ja nikotiini puhul. Samas, viimati nimetatud ühendid kiniinitundlikule neuronile stimuleerivad ei ole. Need tulemused näitavad, et jooksiklaste maitseharjased võivad detekteerida taimede kaitseühendeid nii kiniinitundliku neuronil aktiveerimise kui ka maitseharjase teiste kemosensorsete neuronite impulss-aktiivsuse perifeerse inhibeerimise teel. On tõenäoline, et jooksiklaste maitseharjaste kemosensorsetel neuronitel on tähtis roll mardikate toiduotsingus ja nähtavasti ka elupaikade ja mikro-elupaikade, näiteks talvituskohtade valikus. Nende uuringute raames valmis Marit Komendandi doktoritöö „Jooksiklaste (Coleoptera: Carabidae) antennaalne kontaktne kemoretseptatsioon“ (2011). Edasised käitumiskatsed peavad selgitama nende tähtsate stiimulite täpsema rolli jooksiklaste ja naksurlaste käitumises.

Kuplikujuliste sensillide termo- ja hügroneuronite triaad

Kuplikujulised sensillid on pisikesed, vaid mõne μm läbimõõduga kühmukesed jooksiklaste ja naksurlaste tundlatel. Nende arv tundlal ei ole suur, veidi üle kahekümne, kuid nad mängivad üliolulist rolli mardikate elus. Elektrofüsioloogilistes närvi-impulsside sageduse mõõtmise katsetetega näitasime, et kupleid innerveerib kolm neuronit, temperatuuritundlik nn külmaneuron ja kaks õhuniiskusele antagonistlikult reageerivat neuronit, kuiva ja niiske õhu neuron. Külmaneuron vastab järsule jahutamisele impulss-sageduse faasilis-toonilise tõusuga. Järsul soojendamisel tema impulsside sagedus faasilis-tooniliselt langeb. Neuronid impulss-aktiivsuse faasiline komponent on temperatuuri muutuste suhtes kümneid kordi tundlikum kui tooniline komponent. Õhu suhtelise niiskuse tõustes kuivaneuroni impulsside sagedus langeb ja niiskeneuronil tõuseb ning vastupidi. Õhuniiskuse langedes kuivaneuroni impulsside sagedus tõuseb ja niiskeneuronil langeb. See on klassikaline termo- ja hügroneuronite triaad, mida on kirjeldanud ka teised uurijad erinevates sensillitüüpides paljude putukate tundlatel.

Mõõtsime külmaneuroni impulss-aktiivsuse mitmeid parameetreid erineva ökoloogiaga jooksiklastel temperatuuride vahemikus 20–50 °C. Selgus, et mitte kõikide liikide külmaneuroni statsionaarne impulss-sagedus ei ole temperatuurist sõltuv. Veelgi enam, kõrgetel temperatuuridel neuronid impulss-sagedus langeb järsult või mõnel juhul, näiteks edasisel järsul soojendamisel impulsside genereerimine peatub lühemaks või pikemaks ajaks. Närvi-impulsside puudumisel informatsiooni edastust putuka ajju aga ei toimu. Tekkis küsimus, kuidas putukad tajuvad kuumust. Päikesepaistisel palaval suvepäeval kui mullapinna temperatuurid ulatavad 50 °C võivad maapinnal elavad jooksiklased ja viljanaksurid surra kuumarabanduse tagajärjel loetud sekunditega. Päikese soojuskiirgus suurendab ohtu veelgi. Ometi putukad suudavad ülekuumenemist efektiivselt vältida. Putukate kuumataju võime on olnud teadusele lahendamata müsteerium rohkem kui pool sajandit.

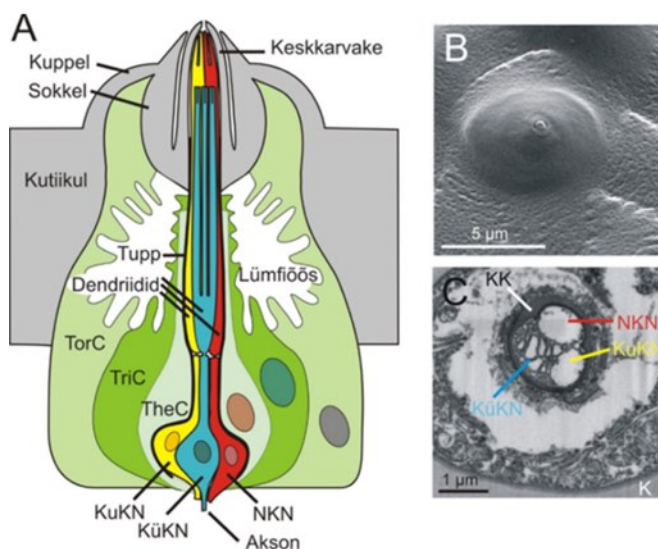
Putukate kuumataju neuraalne kood

Eksperimenteerides süsi-ketasjooksikuga näitasime aastal 2010 esmakordselt, et 35 kraadist kõrgemal muutub külmaneuroni närviimpulsside muster üksikimpulsside jadalt impulss-valangute jadaks. Valangus impulsside arv temperatuuri tõustes järkjärgult suureneb kahest kahekümneni, mis viitab, et just valangud võivad kodeerida kuumust. Järgnevalt mõõtsime mitmete valanguparameetrite temperatuurisõltuvust ja neuronid käitumist erinevates tingimustes ning tõestasime, et impulssvalangud pole kuumastressist tingitud talitlushäire, vaid külmaneuroni normaalfüsioloogiline reaktsioon kõrgetele temperatuuridele. Selgus, et mõõdetud parameetritest 'impulsside arv valangus' ja 'impulssidevaheline intervall valangus' sõltuvad temperatuurist ühemõtteliselt kogu vahemiku 35–45 °C ulatuses. Seega, külmaneuroni impulsside genereerimise laad oleneb temperatuurist sensori sisendis. Üksikimpulsside jadad võivad kodeerida madalamaid temperatuure mõnedel jooksiklastel, impulssvalangud kodeerivad aga ühemõtteliselt ja graduaalsel viisil kuumust. See oli hämmastav tulemus, mistõttu nimetasime külmaneuroni ümber

unimodaalseks külma-kuumaneuroniks (KüKN). Midagi niisugust, et ühe ja sellesama neuroni erinevad impulsside genereerimise laadid (regulaarne või valanguiline) kodeerivad stiimuli erinevaid piirkondi, polnud keegi putukatel ühegi sensoorse süsteemi primaarsetel tundeneuronitel seni kirjeldanud.

Meie järgmiseks eesmärgiks oli saada detailne ülevaade kuppeljate sensillide siseehitusest. Pidime olema kindlad, et neuronite arv sensillis on kolm ja mitte rohkem tõestamaks, et regulaarseid üksikimpulsside jadasid ja impulsside valanguid genereerivad tõepoolest ühed ja samad neuronid. Aastal 2014 algas meil tänasepäevanikestnud viljakaskoostöö Rooma Tre Ülikoolielektronmikroskoopistide professor Andrea Di Giulio ja Maurizio Muzziga. Saime kasutada uudset FIB/SEM meetodikat, mis võimaldab analüüsida sensillide välis- ja siseehituse peenimaid struktuure. Meie uurimused näitasid, et jooksiklaste ja naksurlaste kuppeljad sensillid on uus, putukatel varem kirjeldamata sensillitüüp. Saime lisaks elektrofüsioloogilistele tõenditele ka veenva anatoomilise kinnituse, et mõlemal mardikaliigil innerveerib kuppeljaid sensille kolm neuronit, mis ehituselt vastavad klassikalisele termo- ja hügroneuronite triaadile. Pisut etteruttavalt olgu öeldud, et edaspidi tekkis vajadus ka kuiva- ja niiskeneuroni ümbernimetamiseks vastavalt kuiva-kuumaneuroniks (KuKN), kuiva-kuumaneuroniks ja niiske-kuumaneuroniks (NKN), mis vastavad täpsemalt nende tegelikule talitluslikule iseloomule (joonis 1).

Avastasime, et ka kuplite mõlemad niiskustundlikud neuronid lähevad kõrgematel temperatuuridel regulaarsete üksikimpulsside genereerimiselt üle impulss-



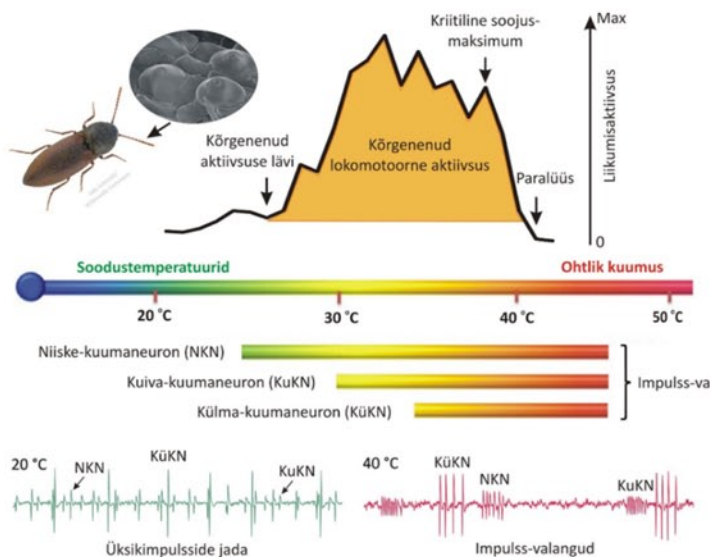
Joonis 1. Metsa-süisijooksiku temperatuuri- ja niiskustundliku kuppelja sensilli ehitus.

(A) Sensilli skemaatiline rekonstruktsioon. (B) Kupli välisehitus elektronmikroskoobis. (C) Ristlõige sensilli keskkarvakese aluse tasandil. Lameljad dendriidiharud on iseloomulikud KüKN-le. NKN-i ja KuKN-i dendriidid on elektronmikroskoobis eristamatud. Nende dendriidid on harunemata ja ulatuvad keskkarvakese tipuni. TorC, TriC ja TheC tähistavad sensilli erinevaid abirakke. K ja KK tähistavad vastavalt kutiikulist ja keskkarvakese ahenenud alust.

valangute genereerimisele, kuid see leiab aset 5–10 kraadi võrra madalamal temperatuuril kui KüKN-il. Sarnaselt KüKN-le on ka niiskustundlike neuronite valanguliste impulssjadade mitmed parameetrid, sealhulgas 'impulsside arv valangus' ja 'impulssidevahelised intervallid valangus' temperatuurist sõltuvad. Nii võivad nad graduaalselt ja ühemõtteliselt kodeerida temperatuure vahemikus 25 kuni 45 °C, kuigi 40 kraadist kõrgemal see võime halveneb. Hügroneuronite funktsiooni muutus sõltuvalt välistemperatuurist on kuppeljates sensillides paikneva sensoorse triaadi teine hämmastav omadus. Järelikult on need neuronid bimodaalsed kodeerides mõõdukatel temperatuuridel üksikimpulsside jadade abil õhuniiskust ning kui soojust on rohkem, siis impulssvalangute abil temperatuuri. Sellega võrreldavat primaarse tundneuronid närvimpulsside genereerimise laadi ja funktsiooni muutust ei ole putukatel samuti ühegi teise sensoorse süsteemi puhul varem tähelestatud. Katses olnud metsa-süsijooksiku KuKN-i valangutele ümberlülitumise lävi-temperatuur on mõne kraadi võrra madalam kui NKN-il. Kirjanduse andmetel jäävad selle liigi eelistemperatuurid vahemikku 10 kuni 25 °C. Seega algab KuKN-i ümberlülitus valangulisele mustrile mardika eelistemperatuuride ülemisel piiril. Erinevalt metsa-süsijooksikust on tume-viljanaksuril madalaim impulssvalangute ümberlülitumise lävi-temperatuur triaadi NKN-l (joonis 2).

Impulss-valangud ja käitumuslik termoregulatsioon

Mardikate käitumise visioanalüüs näitas, et neuroni impulssvalangute ülemineku ja kõrgeenenud liikumisaktiivsuse lävi-temperatuurid küllalt hästi kattuvad (joonis 2). Edasisel soojendamisel mardika liikumiskiirus järsult kasvab palju kordi (põgene-



Joonis 2. Tume-viljanaksuri kuppeljate sensillide sensoorse triaadi neuronite impulssvalangud kodeerivad kattuvalt erinevaid kõrgete temperatuuride vahemikke.

mine kuumatsoonist) kuni saavutab maksimumi temperatuuril 33–35 °C. Kriitiline soojustmaksimum, kus liikumisaktiivsus hakkab järsult langema, on 39 °C. Üldine paralüüs algab 42 °C juures, kus mardikad kaotavad liikumisvõime ja surevad kuumashoki tõttu.

Kokkuvõte

Kuppeljate sensillide klassikalise sensoorse triaadi neuronite impulssvalangud kodeerivad kattuvalt, ühetähenduslikult ja graduaalsel viisil ohtlikult kõrgete temperatuuride erinevaid piirkondi. Meie uurimistulemused on tugevaks tõendiks, et impulssvalangutena kodeeritud informatsioon mängib tähtsat rolli mardikate käitumuslikus termoregulatsioonis vältimaks või vähendamaks oma elupaigas ülekuumenemise kahjulikke tagajärgi.

Putukate termo- ja hügroretseptsiooni alaste uurimuste põhjal valmis kaks doktoritööd. Anne Must kaitses oma töö teemal „Jooksiklaste (Coleoptera: Carabidae) termo- ja hügroretseptsioon“ (2010) ja Karin Nurme teemal „Kõrgete välis-temperatuuride sensoorne kodeerimine putukate antennaalsete termo- ja hügro-neuronite triaadis“ (2019).

Kirjandus

- Merivee, E., Must, A., Luik, A., Williams, I. 2010. Electrophysiological identification of hygroreceptor neurons from the antennal dome-shaped sensilla in the ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus*. *Journal of Insect Physiology*, 56 (11), 1671–1678.
- Merivee, E., Must, A., Milius, M., Luik, A. 2007. Electrophysiological identification of the sugar cell in antennal taste sensilla of the predatory ground beetle *Pterostichus aethiops*. *Journal of Insect Physiology*, 53 (4), 377–384.
- Merivee, E., Must, A., Nurme, K., Di Giulio, A., Muzzi, M., Williams, I., Mänd, M. 2020. Neural Code for Ambient Heat Detection in Elaterid Beetles. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 14, 1–16.
- Merivee, E., Must, A., Tooming, E., Williams, I., Sibul, I. 2012. Sensitivity of antennal gustatory receptor neurones to aphid honeydew sugars in the carabid *Anchomenus dorsalis*. *Physiological Entomology*, 37 (4), 369–378.
- Merivee, E., Märtnmann, H., Must, A., Milius, M., Williams, I., Mänd, M. 2008. Electrophysiological responses from neurons of antennal taste sensilla in the polyphagous predatory ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus* (Fabricius 1787) to plant sugars and amino acids. *Journal of Insect Physiology*, 54, 1213–1219.
- Merivee, E., Ploomi, A., Luik, A., Rahi, M., Sammelselg, V. 2001. Antennal sensilla of the ground beetle *Platynus dorsalis* (Pontoppidan, 1763) (Coleoptera, carabidae). *Microscopy Research and Technique*, 55 (5), 339–349.
- Merivee, E., Ploomi, A., Milius, M., Luik, A., Heidemaa, M. 2005. Electrophysiological identification of antennal pH receptors in the ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus*. *Physiological Entomology*, 30 (2), 122–133.
- Merivee, E., Ploomi, A., Rahi, M., Bresciani, J., Ravn, HP., Luik, A., Sammelselg, V. 2002. Antennal sensilla of the ground beetle *Bembidion properans* Steph. (Coleoptera, Carabidae). *Micron*, 33 (5), 429–440.
- Merivee, E., Ploomi, A., Rahi, M., Luik, A., Sammelselg, V. 2000. Antennal sensilla of the ground beetle *Bembidion lampros* Hbst (Coleoptera, Carabidae). *Acta Zoologica*, 81 (4), 339–350.
- Merivee, E., Renou, M., Mänd, M., Luik, A., Heidemaa, M., Ploomi, A. 2004. Electrophysiological responses to salts from antennal chaetoid taste sensilla of the ground beetle *Pterostichus aethiops*. *Journal of Insect Physiology*, 50 (11), 1001–1013.

- Merivee, E., Vanatoa, A., Luik, A., Rahi, M., Sammelselg, V., Ploomi, A. 2003. Electrophysiological identification of cold receptors on the antennae of the ground beetle *Pterostichus aethiops*. *Physiological Entomology*, 28 (2), 88–96.
- Milius, M., Merivee, E., Must, A., Tooming, E., Williams, I., Luik, A. 2011. Electrophysiological responses of the chemoreceptor neurones in the antennal taste sensilla to plant alkaloids and glucosides in a granivorous ground beetle. *Physiological Entomology*, 36 (4), 368–378.
- Milius, M., Merivee, E., Williams, I., Luik, A., Mänd, M., Must, A. 2006. A new method for electrophysiological identification of antennal pH receptor cells in ground beetles: the example of *Pterostichus aethiops* (Panzer, 1796) (Coleoptera, Carabidae). *Journal of Insect Physiology*, 52, 960–967.
- Must, A., Merivee, E., Luik, A., Mänd, M., Heidemaa, M. 2006. Responses of antennal campaniform sensilla to rapid temperature changes in ground beetles of the tribe Platynini with different habitat preferences and daily activity rhythms. *Journal of Insect Physiology*, 52, 506–513.
- Must, A., Merivee, E., Luik, A., Williams, I., Ploomi, A., Heidemaa, M. 2010. Spike bursts generated by the thermosensitive (cold) neuron from the antennal campaniform sensilla of the ground beetle *Platynus assimilis*. *Journal of Insect Physiology*, 56 (4), 412–421.
- Must, A., Merivee, E., Mänd, M., Luik, A., Heidemaa, M. 2006. Electrophysiological responses of the antennal campaniform sensilla to rapid changes of temperature in the ground beetles *Pterostichus oblongopunctatus* and *Poecilus cupreus* (Tribe Pterostichini) with different ecological preferences. *Physiological Entomology*, 31 (3), 278–285.
- Must, A., Merivee, E., Nurme, K., Sibul, I., Muzzi, M., Di Giulio, A., Williams, I., Tooming, E. 2017. Encoding noxious heat by spike bursts of antennal bimodal hygroreceptor (dry) neurons in the carabid *Pterostichus oblongopunctatus*. *Cell and Tissue Research*, 368 (1), 29–46.
- Nurme, K., Merivee, E., Must, A., Di Giulio, A., Muzzi, M., Williams, I., Mänd, M. 2018. Bursty spike trains of antennal thermo- and bimodal hygro-thermoreceptor neurons encode noxious heat in elaterid beetles. *Journal of Thermal Biology*, 72, 101–117.
- Nurme, K., Merivee, E., Must, A., Sibul, I., Muzzi, M., Di Giulio, A., Williams, I., Tooming, E. 2015. Responses of the antennal bimodal hygroreceptor neurons to innocuous and noxious high temperatures in the carabid beetle, *Pterostichus oblongopunctatus*. *Journal of Insect Physiology*, 81, 1–13.
- Nurme, K., Must, A., Merivee, E. 2019. Link between elevated locomotor activity and the spike bursting of antennal thermosensitive neurons in the carabid beetle *Pterostichus oblongopunctatus*. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 65, 21–31.

VARIA



Fungitsiidiresistentsuse alased uuringud Eesti Taimakasvatuse Instituudis

Marite Juurik, Riinu Kiiker, Andres Mäe

Eesti Taimakasvatuse Instituut ▶ andres.mae@etki.ee

Funditsiidiresistentsus tekitab muret paljude põllumajanduslikult oluliste fütopatogeensete seente tõrjel. Valdav enamus fungitsiide töötati välja 19. sajandi lõpus, 20. sajandi alguses (Morton ja Staub, 2008). Kuid juba varsti peale fungitsiidide kasutuselevõttu täheldati ka resistentsuse teket. Esimene suurem probleem kerkis esile 1980-ndate aastate lõpus, mil avastati mitme levinud fütopatogeense seene (*Botrytis cinerea*, *Blumeria graminis* jt) resistentsus neile seni mõjunud fungitsiidide suhtes. Esialgu probleemi ei tekkinud, kuna resistentsed patogeeni puhul oli tõrjeks mitmeid alternatiive. Fungitsiidiresistentsuse teket ja kiiret levikut fütopatogeensete seente hulgas hakati tajuma 2000. aastate alguses mitme levinud fütopatogeense seene, sealhulgas ka teravilja kahjustavate seente populatsioonides (Blake jt, 2018; Jorgensen jt, 2018). Kasvav ohumärk oli ka see, et sageli ei tekkinud patogeeni populatsioonis resistentsust mitte ainult ühe fungitsiidi vaid mitme või sageli isegi terve fungitsiidide rühma suhtes. Need probleemid on viinud üldisele mõistmisele, et fütopatogeensete seente populatsioonide pidev monitooring on vajalik, et õigeaegselt avastada resistentsust põhjustavate mutatsioonide ilmumist ja teha vajalikke korrekture fungitsiidide kasutamisel.

Seente omandatud resistentsus on tegelikult loomulik evolutsiooniline nähtus, mis aitab neil kohaneda ja ellu jääda keskkonnatingimuste muutudes. Üldtuntud on fakt, et fungitsiidiresistentsus sõltub otseselt fungitsiidi kasutamise intensiivsusest. Seentel on kirjeldatud erinevaid fungitsiidiresistentsuse mehhanisme, milledest tähtsaim on toimekoha resistentsus. Seda põhjustavad mutatsioon(id) märklaudvalgus, mis muudab selle tundetuks fungitsiidi suhtes. Tegemist on universaalse protsessiga, mis on levinud kõigi fütopatogeensete seente hulgas. Seega ei saa me mutatsioonide teket vältida, küll aga saame erineva toimeviisiga fungitsiidide kombineerimisel fungitsiidiresistentsuse teket maksimaalselt aeglustada. Peamiseks fungitsiidiresistentsuse kasvu põhjusteks loetakse fungitsiidide kergekäelist kasutamist, sh ennetava tõrjena, aga ka fungitsiidijääkide akumulatsioonist keskkonda. Lisaks mõjutavad resistentsete mutantide akumulatsiooni ka patogeeni populatsiooni suurus enne tõrjet, spooride produktsioon, samuti ka patogeeni generatsiooniaeg.

Viimasel kaheksal aastal (2014–2021) on ETKI Taimekaitse osakond teostanud teraviljahaiguste seiret, mis teavitab küll põllumehi haiguste levikust kuid vajaka jääb informatsioonist, milline on haigustekitaja tundlikkus ühe või teise fungitsiidi preparaadis oleva toimeaine suhtes. Alates 2018. a oleme monitooringu käigus hakanud põldudel koguma *Zymoseptoria tritici* (Zt) (põhustab tali- ja suviniisul helelaiksust) ja *Ramularia collo-cygni* (Rcc) (põhjustab suvi- ja taliodral ramularioosi) nakatunud taimi. Laboris isoleeriti nakatunud taimedelt patogeenide

puhaskultuurid. Kõikidel puhaskultuuridel määrati tundlikkus epoksikonasooli ja protiokonasool suhtes. Nimetatud keemilised ühendid on asooli rühma ühendid ja kuuluvad paljude preparaate koostisesse (Epoksikonasooli: Tango Super, Epox Top, Epox Extra, Bell Super, Maredo 125 SC, Tango Super, Viverda, Capalo, jt. Protiokonasooli: Prosaro, Falcon Forte, Input, Variano Xpro, Ascra Xpro, Curbatur, jt). Lisaks määrati puhaskultuuride (2019. ja 2020. a) ka uue toimeaine mefentriflukonasooli, mis kuulub ka asooli rühma (Balaya, Revitrex). SDHI tundlikkuse määramiseks testiti kõiki isolaate fluksapüroksoadi ja boskaliidi suhtes. Nimetatud toimeained kuuluvad samuti paljude preparaate koostisesse (Boskaliidi: Viverda, Bell, Bell Super. Fluksapüroksoadi: Adexar, Librax, Priaxor, jt).

Paljudes Euroopa riikides *Zt* ja *Rcc* fungitsiidiresistentsus muutunud tõsiseks probleemiks (Cools jt, 2013; Fraaije jt, 2005). Eestis ei ole fungitsiidiresistentsus nii kiiresti arenenud, kui teistes Euroopa maades. See võib olla tingitud sellest, et Eestis kasutatakse fungitsiide väiksemates kogustes kui mujal Euroopas (Koppel ja Sooväli, 2003). Ajavahemikus 2018–2020 kogutud andmete analüüs näitas, et fungitsiidiresistentsust tekitavate mutatsioonide sagedus on aeglaselt tõusnud nii *Zt* kui ka *Rcc* populatsioonis. Kuid kasvava ohu märgiks on see, et selliseid isolaate, kus märklaudvalgus on rohkem, kui üks mutatsioon, esineb peaaegu kõikide maakondade põldudel. Erinevate mutatsioonide kombinatsioone kandvad isolaadid on sageli omandanud kõrge resistentsuse oluliste fungitsiidi preparaatide koostisesse kuuluvate toimeainete (fluksapüroksoad, protiokonasool, mefentriflukonasool) suhtes. (Mäe et al 2020; Kiiker et al 2021). Eestis tuvastati aastail 2018–2020 isoleeritud *Zt* ja *Rcc* tüvede hulgas patogeenide fungitsiidide resistentsuse esinemist 3–5% tüvedel. Sellised “super resistentsed” tüved võivad soodsate keskkonnatingimuste esinemise korral panna aluse resistense populatsiooni tekkele ja levikule. Kuna Eestis on uuritud fungitsiidiresistentsuse levikut *Zt* ja *Rcc* populatsioonides süstemaatiliselt ainult kolme aasta jooksul (2018–2020), siis on praeguseks kogunenud andmete põhjal vara öelda, kas sellised muutused näitavad kasvutendentsi ka järgnevatel aastatel ja kui kiiresti see toimub.

Arvestades maailma geopoliitilist olukorda, järjest suurenevat põllumajandussaaduste kaubavahetust, sarnaste taimekaitsevahendite kasutamist, tuleb muuhulgas olla valmis resistentsete tüvede tekkeks ja levikuks ning ka sissetoomiseks teistes riikides. Selleks, et jälgida fungitsiidiresistentsuse muustusi Eesti *Zt* ja *Rcc* populatsioonides ja uurida selle põhjusi, tuleb selle alaseid uuringuid jätkata.

Kirjandus

- Blake, J. J., Gosling, P., Fraaije, B. A., Burnett, F. J., Knight, S. M., Kildea, S., Paveley, N. D. 2018. Changes in field dose-response curves for demethylation inhibitor (DMI) and quinone outside inhibitor (QoI) fungicides against *Zymoseptoria tritici*, related to laboratory sensitivity phenotyping and genotyping assays. *Pest Management Science* 74, 302–313.
- Cools, H.J., Hawkins, H.J., Fraaije, B.A. 2013. Constraints on the evolution of azole resistance in plant pathogenic fungi. *Plant Pathology* 62, 36–42.
- Fraaije, B.A., Cools, H.J., Fountaine, J., Lovell, D.J., Motteram, J., West, J.S. 2005. Role of ascospores in further spread of QoI-resistant cytochrome b alleles (G143A) in field populations of *Mycosphaerella graminicola*. - *Phytopathology* 95, 933–941.

- Jorgensen, L. N., Matzen, N., Hansen, J. G., Semaskiene, R., Korbas, M., Danielewicz, J., Glazek, M., Maumene, C., Rodemann, B., Weigand, S., Hess, M., Blake, J., Clark, B., Kildea, S., Batailles, C., Ban, R., Havis, N., Treikale, O. 2018. Four azoles' profile in the control of Septoria, yellow rust and brown rust in wheat across. *European Crop Protection* 105, 16–27.
- Kiiker, R., Juurik, M., Heick, T.M., Mäe, A. 2021. Changes in DMI, SDHI, and QoI Fungicide sensitivity in the Estonian *Zymoseptoria tritici* population between 2019 and 2020. *Microorganisms*, <https://doi.10.3390/microorganisms9040814>.
- Morton, V., Staub, T. 2008. *A Short History of Fungicides*. - Online, APSnet Features. doi: 10.1094/APSnetFeature.
- Mäe, A., Fillinger, S., Sooväli, P., Heick, T. M. 2020. Fungicide sensitivity shifting of *Zymoseptoria tritici* in the Finnish-Baltic region and a novel insertion in the MFS1 promoter. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00385>.
- Sooväli, P., Koppel, M. 2003. Efficacy of fungicide tebuconazole in barley varieties with different resistance level. *Agriculture and Food Science* 19, 34–42.

Kimalaste soodustamine Eestis läbi Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika

Eneli Viik¹, Reet Karise², Marika Mänd²

¹ Põllumajandusuuringute Keskus ▶ eneli.viik@pmk.agri.ee

² Eesti Maaülikool

Sissejuhatus

Kimalased on meemesilastest suuremad värvilised putukad, kes koos mee- ja erakmesilastega panustavad paljude looduslike ja kultuurtaimede tolmeldamisse. Ligi kolmandik inimese tarbitavast toidust on otse või kaudselt seotud tolmeldajatega – need on tegelased, kes aitavad taimedel õietolmu emakasuuemele kanda, mille tulemusel arenevad seemned ja viljad, millest paljusid armastame meiegi süüa. Kimalastel on mitmeid eeliseid, mis teevad neist teatud juhtudel paremad tolmeldajad kui meemesilased. 2013. aastal leiti, et 24% Euroopas esinevast 68-st kimalaseliigist (sh kägukimalased) on ohustatud (IUCN, 2013). Eestis on 2020. aasta eeldatava ohustatuse hinnangu järgi 21 päriskimalaseliigist üks välja surnud, üks väljasuremisohus, üks ohualdis, kaks ohulähedased ja 16 soodsas seisundis (Soon, 2021). Kimalased on väga tihedalt seotud meie põllumajandusmaastikuga ning seega mõjutatud sealsest tegevusest – seega on kimalaste soodustamisel oluline roll põllumajandustootjatel. Keskkonnasõbralikumale tegevusele aitavad kaasa EL ühise põllumajanduspoliitika (ÜPP) raames makstavad toetused.

Kimalasi soodustavad nõuded Eestis EL ühise põllumajanduspoliitika raames

EL ÜPP raames ei ole Eestis konkreetselt looduslikele tolmeldajatele suunatud toetusi seni rakendatud. Küll leidub aga hetkel kehtivas ÜPP 2014–2020 programiperioodis palju erinevaid toetustele seatud nõudeid, mis võivad kaudselt kimalasi soosida. Enamus toetuste taotlemisega, sh ühtse pindalatoetusega (ÜPT; 2020. aastal 967 000 ha), mida taotleavad enamuse põllumajandustootjaid kaasneb kohustus täita nõuetele vastavuse nõudeid, millest kimalastele soodsana võib välja tuua teatud kriteeriumitele vastavate maastikuelementide säilitamise kohustuse. Nõude järgi peab põllumaal säilitama teatud suurusega põõsaste või puudega põllusaari ning metsasiile ning põllumajandusmaa servas ja sellega külgneval alal säilitama puude ridasid, puude või põõsastega hekke, eesvoolusid ja kuivenduskraave ning kiviaedasid. Alates 2015. aastast peavad ÜPT taotlejad järgima kliimat ja keskkonda säästvaid põllumajandustavasid ehk rohestamise nõudeid. Üks neist on püsirohumaade säilitamise kohustus – püsirohumaade osakaal riigis tervikuna ei tohi väheneda 2015. aastal kehtestatud võrdlussuhtarvuga võrreldes üle 5%. Maastikuelemendid ja püsirohumaad on looduslikele tolmeldajatele väga olulised potentsiaalsed toitumis-, pesitsus-, varje- ja elupaigad. Lisaks peab rohestamise nõuete

järgi üle 15 ha põllumaa olemasolul sellest vähemalt 5% aktiivest kasutusest kõrvale ehk ökoalaks jätma. Viimasteks sobivad eespool välja toodud säilitamiskohustusega maastikuelemendid, maaharimispraktikad nagu kesa ja lämmastikku siduvate kultuuridega alad ning lühikese raieringiga madalmetsa alad. Ökoalaks märgitud kesal on tootmine keelatud ning nii kesal kui ka lämmastikku siduva kultuuriga ökoaladel ei tohi alates 2018. aastast kasutada taimekaitsevahendeid. Seega pakuvad ka ökoalad kimalastele täiendavat elu- ja toitumispaika, millel ei ole kasutatud taimekaitsevahendeid. Osad tootjad on siiski rohestamise (nt mahetootjad) või ainult ökoalade nõude täitmisest vabastatud (nt vähem kui 15 ha põllumaaga tootjad ja tootjad kes asuvad suurema metsa osakaaluga omavalitsusüksustes).

ÜPP üks osa on maaelu arengukava (MAK). Eesti MAK 2014–2020 raames saavad tootjad taotleda mahepõllumajandusliku tootmise (MAHE) toetust, mis aitab suurendada mahepõllumajandusmaa pinda Eestis. Maheettevõtetes on keelatud kasutada sünteetilisi taimekaitsevahendeid ning neile on omane suurem püsirohumaade osakaal põllumajandusmaast ja suurem liblikõieliste osakaal põllukultuuride alusest maast – kõik need omapärased on kimalastele soodsad. 2020. aastal oli pindalatoetuste alusest maast MAHE toetusega kaetud 20% (ligi 195 000 ha). Lisaks saab MAK raames taotleda keskkonnasõbraliku majandamise (KSM) toetust, millega oli 2020. aastal pindalatoetuste alusest maast kaetud 46% (440 000 ha). KSM toetusega kaasneb nõue kasvatada põllumaast vähemalt 15%-l liblikõielisi põllumajanduskultuure, mis on kimalastele hea toiduallikas – kimalaste aspektist on küll negatiivne, et arvesse lähevad ka hernes ja uba, mida kimalased meelsasti ei külasta. Lisaks kaasneb KSM toetusega kohustus jätta enam kui 20 ha suure põllukultuuride, köögivilja või mustkesaga ühtse maa-ala ja avalikult kasutatava tee vahele 2–5 m laiune rohumaariba või muu maastikuelement nagu kraav, hekk või kiviaed. Sedasi tagatakse jällegi suuremate põllualadega maastikes püsivama iseloomuga maastikuelementide olemasolu, kus kimalastel on võimalus leida toitu ja elupaiku. Mõnedel KSM toetuse nõuetele on eeldused vähendada taimekaitsevahendite kasutust: glüfosaati sisaldavate taimekaitsevahendite kasutamise piirang, teatud nõuded viljavaheldusele ning nõue kasutada vähemalt 15% teraviljade külvipinnal sertifitseeritud teraviljaseemet. Kimalasi võib kaudselt soosida ka KSM toetusega kaasnev kohustus osaleda koolitustel, kus üks teema on „Mesilased – kasulikud, kuid haavatavad putukad“. KSM toetuse taotlejad saavad liituda veel mesilaste korjealade rajamise lisategevusega, mille toetusalune pind oli 2020. aastal 320 ha. See meede on seotud küll meemesilastega, kuid kasvatatavad korjetaimed pakuvad toitu ka kimalastele.

Kimalasi soosivaid nõudeid võib leida ka väiksemate pindadega MAK 2014–2020 toetuste seast. Nendest üks olulisem on poolloodusliku koosluse hooldamise toetus, mis aitab vältida selliste väärtuslike elupaikade kadu kinnikasvamise tõttu ja majandamise läbi nende loodusväärtuslikkust säilitada/suurendada. Paljud poollooduslike koosluste tüübid on väga mitmekesise taimestikuga ja pakuvad head toiduressurssi ning kuna neid alasid ei künta, siis ka head elupaika. 2020. aastal majandati selle toetuse raames ligi 33 500 ha. Puuvilja- ja marjaaiad pakuvad looduslikele mesilastele toitu ning ilmselt ka pesitsuskohti – seega võib kimalasi soosivaks pidada ka keskkonnasõbraliku puuvilja- ja marjakasvatuse toetust, millega kaasneb keeld kasu-

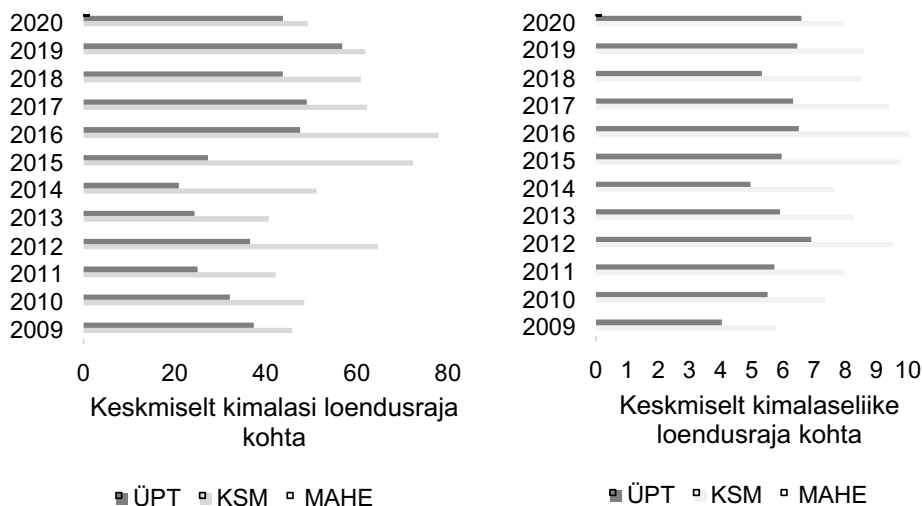
tada glüfosaati sisaldavaid taimekaitsevahendeid, nõue kasutada pritsitavate taimekaitsevahendite kasutamise vähendamiseks feromoonpüüniseid, panna aeda elurikkust toetavaid elemente (nt putukapesad) ning iga põllu ühel küljel peab olema kaitsehekk. Toetusalune pind on siiski tagasihoidlik – 2020. aastal oli see 107 ha.

MAHE ja KSM toetuste mõju kimalastele

Väljatoodud MAK toetustest rakendatakse suuremal pinnal MAHE ja KSM toetusi, mille mõju hindamiseks elurikkusele koguvad Eesti Maaülikooli spetsialistid juba üle kümne aasta Põllumajandusuuringute Keskuse koordineerimisel (MAK keskkonnatoetuste hindaja) kimalaste andmeid. Valimis on igal aastal 66 seireala, millest $\frac{1}{3}$ MAHE, $\frac{1}{3}$ KSM ja $\frac{1}{3}$ ÜPT toetuse taotlejad, kes ei ole MAHE ja KSM toetusi taotlenud. Seirealadest pooled asuvad Kesk-Eestis (Lääne-Viru, Järva ja Jõgeva maakond) ja pooled Lõuna-Eestis (Valga, Võru ja Põlva maakond). Kesk-Eesti esindab monotoonsema maastikuga ja väiksema püsirohumaade osakaaluga piirkonda kui Lõuna-Eesti. Kimalasi loendatakse peamiselt haritava põllu servas olevalt rohumaaribalt (400 m) ning võimalusel osaliselt tolmeldajaid vajava kultuuriga põllult (100 m). Loendused toimuvad igal aastal 3 korda perioodil juuni lõpp kuni augusti keskpaik. Loendusraja laius on 2 m ning hinnatakse ka loendusraja õite tihedust.

Perioodil 2009–2020 loendati 38 674 kimalast, kellest 30% Kesk-Eestis ja 70% Lõuna-Eestis. Kimalasenäitajad olid peaaegu alati Lõuna-Eestis kõrgemad kui Kesk-Eestis (PMK, 2020). Seega on kimalase seire andmed väga ilmekalt näidanud kui palju mõjutab neid maastiku ja maakasutuse mitmekesisus: mitmed elurikkusele soodsad maastikunäitajad olid 2 km raadiuses seirealadest Lõuna-Eestis oluliselt kõrgemad kui Kesk-Eestis. 2020. aastal jäi olenevalt seiremaakonnast põllumassiivi keskmine pindala Kesk-Eestis vahemikku 8–11 ha, Lõuna-Eestis 4–6 ha, püsirohumaade osakaal oli Kesk-Eestis 16%, Lõuna-Eestis aga 26%. Seega pakub Lõuna-Eesti oma mitmekesisema maastiku, väiksemate põllumassiivide ning suurema püsirohumaade osakaaluga rohkem sobivaid elupaiku. Ka loendusrajal hinnatud õite tihedus oli peaaegu erandlikult Lõuna-Eestis kõrgem kui Kesk-Eestis.

Perioodil 2009–2020 loendatud isenditest kohati 37% MAHE, 38% KSM ja 25% ÜPT aladel. Läbi aastate olid kimalasenäitajad peaaegu erandlikult MAHE ja KSM aladel kõrgemad kui ÜPT aladel (joonis 1) – sama kehtib loendusrajal hinnatud õite tiheduse kohta. Üheks põhjuseks, miks kimalasenäitajad olid enamasti MAHE ja KSM ettevõtetes kõrgemad kui ÜPT ettevõtetes, võivad olla KSM ja MAHE toetuse nõuded. MAHE ettevõtetes on keelatud kasutada sünteetilisi taimekaitsevahendeid ja enamust mineraalväetisi, mis peaks kimalasi soosima. KSM sisaldab endas samuti mitmeid kimalastele kaudselt soodsalt mõjuvaid nõudeid, mis on juba eespool välja toodud. Rohuribad, millel kimalasi loendati, olid kõige laiemad KSM aladel ja kõige kitsamad MAHE aladel ning ribad olid seire ajaks kõige harvem niidetud KSM aladel ning kõige sagedamini ÜPT aladel. Mida laiemad rohumaaribad on, seda rohkem need elurikkust toetavad. Samuti on niitmata ja paljude õitega rohumaaribad elustikule ja kimalastele palju kasulikumad kui pidevalt madalaks niidetud alad.



Joonis 1. Kimalaste keskmine arvukus ja liikide arv eri toetustüübiga seirealadel aastatel 2009.–2020.

EL ÜPP 2021–2027 esialgsed väljavaated kimalaste soodustamiseks

Senised nõuetele vastavuse ja rohestamise nõuded, mida kõik pindalatoetuste taotlejad peavad täitma, jätkuvad veidi muutunud kujul ka uuel perioodil. Nende raames toetatakse muuhulgas endiselt püsirohumaade ja maastikuelementide säilitamist ning ökoalade olemasolu. Lisaks on paljudel plaanitavatel meetmetel taimekaitsevahendite kasutamise piirang või keeld, soodustatakse maastikuelementide olemasolu või rajamist ning mitmete meetmetega plaanitakse soodustada püsirohumaaid, sh väärtuslikke püsirohumaaid ja poollooduslikke kooslusi. Jätkuvalt toetatakse mahepõllumajanduslikku tootmist ja mesilastele korjealade rajamist. KSM toetuse nõuete hulgast on kahjuks kadunud rohumaaribade nõue ning toetus jätkub üheaastase kohutusena. KSM toetusse on integreeritud ka keskkonnasõbralik puuvilja- ja marjakasvatuse. Üldiselt sisaldab ÜPP 2021–2027 strateegia- kava esialgsete plaanide järgi siiski palju nõudeid, millel on potentsiaali kimalaste heale käekäigule kaasa aidata.

Järeldused

Kuigi EL ÜPP raames ei ole Eestis konkreetselt looduslikele tolmeldajatele suunatud toetusi seni rakendatud, sisaldab see palju erinevaid nõudeid, mis võivad kimalastele kaudselt kasu tuua. MAHE ja KSM toetused, mis on keskkonnatoetustest Eestis suurimate pindadega, on seire põhjal kimalastele tõesti ka soodsalt mõjunud ja kimalaste olukord Eestis on küllaltki hea. Samas viitab kimalasenäitajate suur piirkondadevaheline erinevus sellele, et Eestiski on ruumi olukorra parandamiseks. ÜPP 2021–2027 sisaldab esialgsete plaanide järgi jätkuvalt palju nõudeid, millel on potentsiaali kimalaste heale käekäigule kaasa aidata.

Tänuavaldused. Seiret rahastati Eesti maaelu arengukava 2009–2013 ja 2014–2020 tehnilise abi vahenditest. Täname siiralt kõiki kimalaseseire välitöö tegijaid: Katrin Jõgar, Martin Jürgenson, Irja Kivimägi, Eha Kruus, Eve Veromann, Kai-Riin Veromann, Linda-Liisa Veromann-Jürgenson, Peeter Veromann, Reelika Päädam. Täname ka kõiki lahkeid põllumehi, kes on meid oma maadele lubanud.

Kirjandus

- IUCN. (02. 04 2013. a.). Bad news for Europe's bumblebees. Allikas: <http://www.iucn.org/?14612/Bad-news-for-Europes-bumblebees>
- MEM, 2021. ÜPP 2021–2027 strateegiakava ettevalmistuse ja kaasavise veebileht. Allikas: <https://www.agri.ee/et/eesmargid-tegevused/upp-strateegiakava-2021-2027/ettevalmistus>.
- PMK, 2020. Kimalaste mitmekesisuse ja arvukuse uuring. Tartu, 35 lk. Allikas: https://pmk.agri.ee/sites/default/files/inline-files/Kimalased_2020_09.06.2021.pdf
- Soon, V. (2020). Kimalaste (*Bombus spp*) sigiva asurkonna eeldatavad ohustatuse hinnangud. Eesti liikide punane nimestik. Liikide ohustatuse hindamised. Eesti Looduse Infosüsteem (EELIS). Keskkonnaagentuur (01.07.2021).



INIMESTEST
TAIMEKAITSES

Taimekaitse uuringutega seotud inimesed Sakus

Erika Vesik

Möödunud on juba üle kuue aastakümne ajast mil Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituut toodi Tallinnast Sakku. Uued tööruumid uhkes sammastega majas ei mahutanud esialgu kõiki osakondi ja nii paigutati taimekaitse katsealale lähemale Pargi tn. majja. Toonane osakonna juhataja **Endel Kaarep** (1914–2018) oli agar aednik ja innukas fütopatoloog. Uutes tingimustes olid põhiliseks uurimisobjektiks kartuli viirushaigused, nende levik ja määramine antiseerumite abil. Rajati katsepõllud ja kogutud leheproovide abil kontrolliti seemnepõldude tervislikku seisundit. Laboratoorse töö efektiivsuse tõstmiseks konstrueeriti katseseadeldis viirushaiguste massiliseks määramiseks. Endel Kaarepi ootamatu terviserikke tõttu katkes katsetöö Sakus, kuid jätkus osaliselt tema kodus Meriväljal. Põllumajanduskandidaat oli ta aastast 1966.

Kartuli ja teraviljade haiguste uurijana tuntud fütopatoloog **Ilme Randalu** (1918–1986) oli kartuli- ja teraviljaseemne puhtimise katsetööde juhendaja ja uudse tehnoloogia juurutamise initsiaator majandites. Aastatel 1962–1979 oli Ilme Randalu taimekaitse osakonna juhataja ja hiljem vanemteadur. Vabariikliku seemnekartuli tunnustamise komisjoni liige. Teatmiku 'Taimekaitse soovitusel kolhoosidele ja sovhoosidele' koostaja ja üks autoritest. Koostas igal aastal ülevaate taimehaiguste ja -kahjurite levikust koos järgmise aasta prognoosiga nende võimaliku ilmumise ja tõrje kohta. Oli tehnikumide taimekaiste õpiku põhiline koostaja ja Balti riikide taimekaitsekonverentside organisaator. Lisaks põhitööle oli Ilme Randalu tegev ühingu Teadus, TA Looduskaitsekomisjoni, Üleliidulise Mikrobioloogide Seltsi jm. ettevõtmistes. Instituudi asendamatu peoperenaine. Põllumajanduskandidaat aastast 1957.

Räpina Aiandustehnikumis ja EPA-s mitmekülgse agronoomiaalase hariduse omandanud **Heino Lõiveke** (1942–2018) oli silmapaistev teadlane fusariooside tekitajate, nende leviku ja tõrje alal. Tegi arvukalt katseid köögiviljade haiguste tõrjevõimaluste uurimisel nii kasvuhoones kui avamaal Osales rahvusvahelistes uurimisprogrammides ja Põhjamaade Põllumajandusteadlaste Assotsiatsiooni NJF töös. Esines taimekaitsealaste nõuannetega raadios ja TV-s. Taimekaitse käsiraamatu koostaja ja autoreid. Mitme ratsionaliseerimisetepaneku autor köögiviljahaiguste tõrje alal. Kirjutas arvukalt erialaseid artikleid ja nõustas aednikke kohapeal. Aastatel 2000–2001 oli EMVI direktor. Põllumajanduskandidaat aastast 1972.

Noorema põlvkonna taimekaitseteadlane-mükoloog **Peeter Soobik** (1956–2000) uuris heintaimedel ja teraviljadel elunevaid mikroseeni ja mügarbaktereid. Aastal 1984 tuli võitjaks noorte põllumajandusteadlaste vabariiklikul konkursil. Tema uurimuste tulemused on kajastatud kogumikes ja artiklites.

Taimekahjurite uurija **Ilmatar Tammaru** (1934–2011) oli aednike seas tuntud nõuandja nii kasvuhoonetes kui avamaal levivate kahjurputukate määramise kui efektiivsete tõrjevõtete kasutamise osas. Uudse võttena uuris feromoonide ja juvenoidpreparaatide toimet rapsikahjurite ning kasvuhoonekarilase tõrjel. Erilist tähelepanu pööras ta kahjurite tõrjele lillekasvatustes. Uurimistulemused on kajastatud käsiraamatutes ja arvukates artiklites. Aktiivne nõustaja taimekaisealastel näitustel ja õppepäevadel. Ühiskondlikus elus oli Ilmatar Tammaru samuti oskuslik organisaator, endine peotantsija, võimleja ja ansambli laulja. Põllumajanduskandidaat aastast 1968.

Kartuli kahjurputukate uurija **Helju Kass** (1935) on põhjalikult uurinud lehe-täisid kartuli viirushaiguste siirutajatena ja tema katsetulemuste põhjal väljatöötatud soovitusel jõudsid seemnekartuli kasvatamise praktikasse. Tegi kindlaks kartuli M-viiruse siirutajad ja L-viiruse leviku keerdlehisuse siirutajana. Uuris ka teraviljakahjurite liigilist koosseisu ja tõrjekriteeriume. Põllumajanduskandidaat aastast 1980.

Johannes Müür (1942–2020) asus instituudis tööle vanemagronoomina juba pärast tehnikuni lõpetamist ja töö kõrvalt õppides lõpetas EPA agronoomiateaduskonna. Juba teadurina uuris ta kõrsheinte ja teraviljade seemnepõldude kahjurite liigilist koosseisu, levikut, kahjustuse suurust ja tõrjevõimalusi. Koostöös ZBI teadlastega koostas kaera-kiduussi leviku kaardi. Osales tuulekaera leviku uuringutes. Johannes Müür oli aktiivne sportlane – jalgrattur, suusataja, võrkpallur. Ühiskondliku töö osas kuulus abipolitseinikuna Saku korrakaitse ridadesse ja vallavolikogusse.

Eesti Põllumajandusülikooli agronoomina lõpetanud **Elo Tuubel** (1969–2020) asus 1994. a tööle EMVI taimekaitse osakonnas ja kaitses peagi edukalt põllumajandusmagistri väitekirja teemal limatsiidide mõjust röövlüliljalgsetele talinisis. Seejärel asus tööle firmasse Kemira. Põllumajandusmagister aastast 1996.

Suure osa taimekaitsealasest uurimistööst moodustas keemiline umbrohu-tõrje. Juba 1957-st instituudi teadurina töötanud **Kalju Ojaveski** (1928–2016) oli noorem- ja vanemteadur, osakonna juhataja asetäitja. Uuris herbitsiidide kasutamist mitmetel põllumajanduskultuuridel, eriti heintaimedel. Tema väljatöötatud juhtnõore rakendati kogu läänetsoonis. Rajas katsed põlevkivitööstuse heitgaaside mõju uurimiseks põllukultuuridele Ida-Virumaal. Uuris umbrohtude, eriti tuulekaera levikut Eestis. Uuringute tulemused on kajastatud kogumikes. Kalju Ojaveski oli suur matkaentusiast. Põllumajanduskandidaat aastast 1966.

EMMTUI taimekaitseosakonna uueks juhatajaks (1979–2007) sai suurte juhtimiskogemustega **Sulev Uusna** (1937–2008), kes eelnevalt oli töötanud majandites, Vabariiklikus Taimekaitsejaamas ja Harju Põllumajandusvalitsuses juhataja asetäitjana. Uurimistöö peamiseks objektiks kujunes hariliku orasheina levik ja tõrjevõimalused. Alates 1980. a laienesid suhted välisriikide keemiafirmadega, mis vajas katsepindade suurendamist, suhtlust ja nõupidamiste korraldamist. Toimus üleminek integreeritud taimekaitsele. Sulev Uusna oli peamine uue Taimekaitseaduse koostaja ja uutes projektides osaleja. Ilmunud artiklid käsitlevad kaasaja talumajandusele vastavat haiguste, kahjurite ja umbrohtude integreeritud tõrjesüsteemi väljatöötamist. Põllumajanduskandidaat aastast 1974.

Herbitsiidide kasutamist paljudel põllukultuuridel, eriti ristõielistel ja teraviljadel, on uurinud **Tiia Paide** (1939). Keemilise umbrohutõrje oluliseks küsimuseks oli herbitsiidide keskkonnaohutu kasutamine ja kulunormide minimeerimine. Osales tuulekaera tootmiskatsete korraldamisel ja lantanoidide kasutamise uurimisel. Tunnustatud nõuandja keemilise umbrohutõrje küsimustes. Mitmete taimekaitse käsiraamatute kaasautor ja arvukate artiklite autor.

Erika Vesik (1934) asus 1966. a instituudis tööle agronoomina kartuli kloonmeetodil tervendamise ja viirushaiguste massilise määramise aparatuuri juurutamise alal. Alates 1972. a oli nooremteadurina põhitööks kartulipõldude keemilise umbrohutõrje küsimuste lahendamine ja uute herbitsiidide katsetamine. Samas jätkus kartuli-lehemädaniku keemilise tõrje ja mitmete kartulahaiguste tõrjeks sobivate fungitsiidide uurimine ja juurutamine. Eliitseemnekartuli tunnustamise komisjoni liige. Katsetulemusi on avaldatud kogumikes ja arvukates artiklites. Põllumajanduskandidaat aastast 1984.

Veiko Kastanje (1970) on mükoloog, limaseente uurija, hiljem veebipõhise taimekaitse nõustamissüsteemi arendamise ja rakendamise töö juht. 1990. aastal alustatud PC-taimekaitse projekti täiustamine, mille eesmärgiks oli pestitsiidide kasutamise optimeerimine. Bioloogiakandidaat aastast 1995.

Piia Karpa (Puusepp) (1970) oli PC-taimekaitse ja agrotehniliste võtete mõju teraviljadele üks uurijatest. Siirdus tööle Taimetoodangu Inspeksiooni. Põllumajandusmagister aastast 1996.

EMMTUI taimekaitse osakonna teadur **Viive Rosenberg** (1943) oli kartulitervenduse labori juhataja ja hiljem Uurimiskeskuse EVIKA direktor. Põllumajanduskandidaat aastast 1980. Samasse asus tööle ka fütopatoloog **Peet Talvoja** (1937–2017), kes uuris teraviljahaiguste tõrjevõtteid ja kartuli-lehemädanikku. Põllumajanduskandidaat aastast 1971.

Aastate jooksul on toimunud rida olulisi muutusi põllumajanduse ja ka taimekaitse osakonna töös. Peahoonest kolisime uude Taimekaitsejaama, mis tihendas ka meie sisulist koostööd. See oli kõige viljakam ja teguderohkem periood. Uue riigikorra tingimustes vähenes ka põllumajanduslike uurimistööde vajadus ja tekisid uued uurimissuunad. Kunagisest 11-st töötajast jätkasid esialgu veel 4 (meest). Praeguseks on uuringud koondunud Jõgevale Eesti Taimekasvatuse Instituuti.

Nüüdseks on Eesti Maaviljeluse Instituudist alles jäänud vaid heakorrasstatud Saku asula südamik koos kunagise sammastega peahoonega (gümnaasium) ja üksikud pensionärid, keda võib näha aeg-ajalt pargis jalutamas. Uusarendused on vallutanud põllud, kultuurkarjamaad ja osalt ka metsa. Tehnika- ja digiajastu valutab maailma.

Meenutusi möödunust

Anne Luik ▶ anne.luik@emu.ee

Kuigi sündisin 3.03.1949 Karula kõrgustiku kuplitel, Lüllemäel, algavad minu mälestused Kõpu jõe äärsest üksikust talust, mis paiknes niitude ja metsade keskel. Küluslik loodus mitmekesise elustiku, häälte ja värvidega ning lõhnadega pani aluse mu loodushuvile. See süvenes Halliste koolis, botaanikaringis, kus Toivo Univer, tollane äsja sõjaväest tulnud noor õpetaja, praegune tuntud puuviljandusteadlane, huvitavalt taimi tutvustas. Lisaks pakkusid põnevust kooli park ja aed, kus taimedel olid nii eesti kui ladinakeelsed nimed, mis möödudes nagu iseenesest pähe kulusid. Siirdumine 1965. aastal Viljandisse C. R. Jakobsoni nimelisse Keskkooli tõstis huvi geneetika vastu, kuna just oli ilmunud rida geneetikat tutvustavaid artikleid ja raamatukesti. 1967. aastal keskkooli lõpetamise järgselt oligi kindel huvi minna Tartu ülikooli bioloogiat õppima. Nii avaldasingi kursuse vastuvõtjale, dotsent Henni Kallakule, oma hilisemale juhendajale, et tahan saada geneetikuks. Ent elul olid teised plaanid. Tollane Teaduste Akadeemia Zooloogia ja Botaanika Instituut (ZBI) pöördus Kallaku poole palvega aidata ette valmistada teadlaskaadrit värskest avatud biotõrje labori jaoks. Läksingi tutvuma sealse eksperimentaalentomoloogia laboriga – tundus põnev. Mulle pandi kokku individuaalprogramm – zooloog-darvinist. See sisaldas palju erinevaid nii evolutsiooniõpetuse, geneetika kui zooloogilise ja ökoloogilise poolega seotud aineid ning tähendas palju iseseisvat tööd nii raamatukogus kui laboris. Alates ülikooli teisest kursusest asusin eksperimentaalentomoloogia laboris uurimusi tegema kuldööölase kaksikliikidel nende fotoperioodilise eristumise alusel. Laboripoolseks juhendajaks oli nooremteadur Ermer Merivee. Eksperimentaalentomoloogia labor ongi ühel või teisel formaalsel kujul olnud kogu mu elu minu teaduspäsa koos tollaste noorte aspirantide Külli Hiisaare ja Luule Metspaluga, kellest said mulle kogu eluks toekad tänuväärased kaaslased nii teaduses kui argielus. 1972. kaitsesin diplomitöö, kus lisaks kuldööölasele moodustas teise poole verd imeva habesääse *Culicoides pulicaris* erinevate populatsioonide võrdlus. Need sääsed olid kogutud koos dotsent Hans Remmiga neljanda kursuse lõpul pikal ekspeditsioonil Kesk-Aasias ja Siberis. Tema oli ka mu diplomitöö konsultant. Ülikooli lõpetamise järgselt tuli loomuliku jätkuna aspirantuur (praeguses mõistes doktorantuur) ZBI-s. Juhendajaks oli esialgu E. Merivee, kes aga lahkus igavikku. Seejärel võttis vanemteadur Aare Kuusik juhendamise üle. Uurida tuli, kuidas putukate populatsioone reguleerivad talvised külmad. Temperatuuri mõju sh külmakindlust võimaldas määrata Aare Kuusiku poolt välja töötatud spetsiaalne aparatuur. Lisaks sai mõõta ka putukate ainevahetustaset. See aitas aru saada talveks kohastumise mehhanismidest. 1975. aastal valmis väitekirj, kus oli esitatud mitmete ürasekiliikide ja mõne laokahjuri (oa-teramardikas, väike jahumardikas jm) talvitumise eksperimentaalsete uuringute tulemused. Dissertatsioon pälvis riikliku noorteadlase preemia. Tol ajal laboris läbiviidavad eksperimentaalsed uuringud olid igati maailma tasemel.

1976. aastal oli Eesti Põllumajandusakadeemias (EPA, praegune Eesti Maaülikool) kauaaegne teenekas entomoloogia õppejõud August Eenlaid raskelt haigestunud. Talle oli vaja järglast rakendusentomoloogiat õpetama. Olin küll kandideerimises tõsiselt kahtlev, kuid meenus, et minu anatoomia õppejõud professor Aul oli kahetsenud, et miks ma valisin teoreetilise haru – minus pidavat õpetaja kaotsi minema – otsustasin proovida ja saingi assistendi koha. EPA-s oli õhkkond hoopis teistsugune võrreldes teadusasutusega, kus olin olnud rohkem oma aja peremees ja saanud rahulikult uuringutesse süveneda. Liiati olin bioloog, kes polnud väga teretulnud, kuivõrd ei peetud seda haridust EPA agronoomi haridusega võrdväärseks. Koht kuulus ju agronoomia teaduskonda aianduse ja taimekaitse kateedri. Tollane EPA oli eelkõige suur õppekonveier sotsialistiku suurpõllumajanduse tarvis. Igal aastal asus päevasesse osakonda õppima 75 uut agronoomi ja 45 metsameest, lisaks suures mahus nende erialade kaugõpe. Mitmel esimesel aastal tuli lisaks veel ka zooloogia kursus nii eesti kui vene osakonna loomakasvatuse tudengitele. Olles aianduse ja taimekaitse kateedri assistent, hiljem vanemõpetaja ning dotsent, oli mu õppetöö koormus väga suur. Lisaks loengutele tuli ise teha ka kõik laboritööd ning õppepraktikad. Aastas tuli vahel isegi 1200 tundi õppekoormust, uurimistööks aega nappis. Õpetada tuli nii metsa- kui põllumajandusentomoloogiat. See tähendas, et lisaks rakenduslikult oluliste putukate tundmaõppimisele tuli luua ka arusaamine, miks üks või teine liik arvukuse tõustes kahjuriks muutub ja kas seda saaks võimalikult loodushoidlikult reguleerida. Kõrval jooksis dotsent Leida Leivategija läbiviimisel keemilise taimekaitse kursus, mis näitas lihtsat, otsest kahjustajaid hävitavat tõrjet keemiliste taimekaitsevahendite ehk pestitsiididega. Ent juba tolekiski ajaks oli kogunenud juba suur hulk andmeid nende kahjulike kõrval mõjude kohta. Oma teadustöös uuriski Leivategija juba loodushoidlikke võtteid, eriti feromoonide kasutamist erinevate puuviljakahjurite arvukuse regulatsiooniks.

1980. aastal tuli mul noore õppejõuna lisaks muule tööle võtta vastu ning olla juhendaja alustavale agronoomide kursusele. Tol ajal pandi vastutus tudengite käitumise eest eelkõige kursuse juhendajale. Nagu ikka noorte inimeste puhul, juhtus nii mõndagi. Ent kursuse põhiosa lõpetas 1985. aastal edukalt EPA ning siirdus tööle põllumajandusse. Kursuse tuumik on siiani aktiivne ning edumeelne maaelu edendaja: näiteks Arnold Pastak Olustvere Maamajanduskooli või Lembit Paal Pajusi farmi juhtides. Suhted oma esimese kursuse rahvaga on siiani väga hästi säilinud tänu igaastastele meeleolukatele kokkutulekutele.

Kateedris jätkus mu uurimistöö peamiselt metsaentomoloogias, mille eksperimentaalsed uuringud männikärsakate ja käbimähkurite külmakindluse osas said endiselt läbiviidud ZBI eksperimentaalentomoloogia laboris. Palju metsaputukate uuringuid (nt seemnete ja viljade kahjurid, tüvekahjurite looduslikud vaenlased), toimus tihedas koostöös hoolika metsaentomoloogi Kaljo Voolmaga. Olles aga agronoomiateaduskonna õppejõud tuli alustada ka tudengite uurimistööde juhendamiseaga agronoomia valdkonnas. Asusime uurima, kuidas taimekasvatuse viisiga mõjutada putukate arengut, leidmaks võimalust selle kaudu populatsioonide arvukust reguleerida. Ligi kümme aastat kestnud põldkatsetel valge peakapsaga selgusid ühe põhikahjuri – suur-kapsaliblika asustuse ja arengu ning ka parasiteerituse

mõjutamise võimalused valge peakapsa väetamise kaudu. Kateedri juhataja dotsent Paul Juurika pensionile siirdumise järel, tuli mul kolm aastat (1987–1990) olla kateedri juhataja kohusetäitja. Raja katseaeda sai sellel ajal tollase aiandusministeeriumi toel muretsesid angaar masinate jaoks ning kasvuhoone katsetaimede ettekasvatamiseks. Samuti said remonditud nii väljast kui seest töötajate abiruumid. Sel perioodil sõlmisime Berliini Humboldti Ülikooliga aianduse alal koostööside. Lihtsalt kirjutasin aiandusosakonna juhataja professor Rempelile meiepoolsest huvist. Too reageeris kiiresti ja lülitas oma Moskva ülikooli visiidi sisse ka EPA külastamise. See päädis ülikoolidevahelise koostööleppe sõlmimisega. Leppe raames said meie aiandustudengid mitmel aastal võimaluse praktiseerida Saksamaal ja sakslased meil. Lepe kaotas kehtivuse koos poliitiliste muutustega Saksamaal. Ent minu esimesed välisloengud kapsa väetamise mõju kohta kapsaliblika esinemisele ning arengule said peetud just Berliinis Humboldti ülikoolis. Selleks pidi aga loengu konspekt eelnevalt olema läbivaadatud ja kinnitatud Glavliti juures.

Metsaentomoloogias kujunesid mul tänu Siberi Metsa ja Puiduinstituudi poolt korraldatud erinevatest rahvusvahelistest konverentsidest osavõtmisele väga head kontaktid nii Siberi kui mitmete rahvusvaheliselt hinnatud metsaentomoloogidega nagu USA hiidüraski uurija T. Payne, seemneid ja vilju asustavate putukate heade tundjate prantslase Alain Rouques ja samuti ka taanlase T. Secher Jenseniga. Viimase laboris, Aarhusi ülikoolis, oli mul piiride avanedes aastaid hiljem võimalus uurida seemnekireslaste lõhnaorienteerumist. Liitusin juba möödunud sajandi kaheksakümnendate lõpul mitme IUFRO töögrupiga ehkki otsest projektipõhist koostööd see aeg ei võimaldanud. Kuid tänu rahvusvahelistele sidemetele avaldati männikärska esinemist ja bioloogiat käsitlevad materjalid aastal 1988 Kanadas toimunud 18. Rahvusvahelise Entomoloogia Kongressi ja ka IUFRO konverentsi materjalides. Aastal 1992 avanes mul, tänu kongressi poolsele stipendiumile, võimalus osa võtta järgmisest rahvusvahelisest entomoloogia kongressist Hiinas, Bejingis. Kuigi seal olid mu ettekanded seotud metsaputukatega – latipihklase kui nõrgestatud mändide tüvekahjuriga ning kuusekäbisid asustava käbimähkuri talvitumisega, keskendus mu tähelepanu seksioonile, kus käsitleti taimsete vahendite mõju putukatele. Nendega on võimalik mõjutada nii putukate käitumist kui tervislikku seisundit, samas lagunevad need keskkonnale ohutuiks algühikuiks. Seksioonis tutvusin Giesseni ülikooli professor Schmuttereriga, kelle tööühm uuris troopilise neemipuu toimeainete kasutusvõimalusi putukapopulatsioonide regulatsioonis. Troopilised taimed on küll võimalike aktiivsete toimeainete rikkamad, kuid kaalusime temaga võimalike kohalike taimede katsetamist sel eesmärgil. Seda juba Giesseni ülikoolis, mida külastasin korduvalt rahvusvahelise mullaviljakuse IOSDV koostöövõrgustiku perioodiliste talveseminaride aegu. Schmuttererilt sain palju väärtuslikke mõtteid ja kirjandust, mis panid aluse edasistele uuringutele.

Taimede toitumise ja putukate esinemise seose uurimist jätkasin möödunud sajandi üheksakümnendatel rahvusvahelise mullaviljakuse IOSDV koostöövõrgustiku Tartu katses. Selle algatas ja toetas Paul Kuldkepi kõrval pika aja jooksul professor Paul Limberg (Berliini Vabaülikool/ Berliini Humboldi ülikool) Pikaajalises külvikorra katses selgus, et odra, nisu ja kartuli tugevdatud lämmastikväetamine soodustab taimede asustust lehetäidega, samas aga pärsib ripslaste ja lehevaablaste

asustust. Lisaks uurimistööle õnnestus koostöös professor Limbergiga kaheksa aasta jooksul leida igal aastal kümnekonnale agronoomia tudengile suvepraktika kohad Saksamaa aludes. Too aeg oli meil majanduslikult keeruline ning suvepraktika võimalused üliõpilastel puudusid, kuivõrd põllumajandusettevõtted kiratsesid. Igal aastal said praktika tudengid oma praktikaaja keskel tutvuda ka Giesseni ülikooli pikaajaliste põldkatsetega Rauischholzhausenis. Suvepraktikaga said tudengid nii praktilised kogemused saksa ettevõtetes kui teenisid endile järgnevas talveks ka korraliku kooliraha, mis oli ka tol ajal väga oluline.

Eesti taasiseseisvumisel 1992. aastal. tingis rahaline mõõn ka suure teadusasutuste koondamise ja ümberstruktureerimise. Teaduste Akadeemia süsteemis likvideeriti rida taime tervise seisukohalt olulisi üksusi nt viroloogia, biotõrje ja mikrobioloogia laborid. Ka ZBI-s leiti, et eksperimentaalentomoloogia labori uuringud on liiga rakenduslikud, mistõttu ei sobi asutuse profiili ning labor tuleks koondada. Samas sobisid uuringud aga EPA-sse, sellega õnnestus panna soostuma nii tollane EPA juhtkond kui tookordne ZBI direktor Andres Koppel. ZBI tollase teadussekretäri Uno Siitani kaasabil lahkus ZBI-st eksperimentaalentomoloogia labor koosseisus Külli Hiiesaar, Aare Kuusik, Ants – Johannes Martin, Luule Metspalu, Enno Merivee ja Marika Mänd. Selle alusel moodustuski aastal 1992 EPA-st arenenud Põllumajandusülikoolis (praeguses Maaülikoolis) omaette taimekaitse struktuuriüksus, algul instituudina, hiljem osakonnana Põllumajanduse ja keskkonna instituudi koosseisus. Minust sai rakendusedentomoloogia vastutav professor. Liitumisega paranes tohutult nii vastav inim-, aparatuurne kui ka teadmiste potentsiaal. Tekkis võimalus õppe- ja teaduse orgaaniliseks ühendamiseks, samuti õppekursuste ja õpetamise ümberkujundamiseks. Kuigi mulle oli õpetamine alati meeldinud ja õppemetoodikat olin pidevalt arendanud, lähtudes iga kursuse lõpul üliõpilastelt saadud tagasisidest, avanes nüüd võimalus jagada koormust, lülitades liitunud spetsialistid õpetamisse. See aitas muuta kaalukaussi õppe ja teadustöö vahel ning muutis ka üliõpilastele õppetöö vaheldusrikkamaks. Just sellist korraldust olin kogenud Rootsi Põllumajandusülikoolis, kus end möödunud sajandi üheksakümnendate alguses täiendasin. Uus olukord parandas õppetöö kvaliteeti. Ent uurimistöö finantseerimine oli endiselt piiratud, teadurite palgaraha nappis. Tulid küll Eesti Teadusfondi grantid, ent nende mahud polnud suured. Algas uutel alustel kraadiõpe – stipendiumitega magistrantuur ja doktorantuur. Teatud määral päästiski olukorda Enno Merivee, Marika Männi ja Ants-Johannes Martini siirdumine doktorantuuri. Uurimistöös oli sel perioodil suur rõhuasetus erinevate taimsete toimeainete mõju selgitamisel mitmesugustele mudelobjektidele nt suursapsaliblikale ja männikärsakale. Seda juba hõlmas mu ettekanne kahekümnendal entomoloogia kongressil 1996. aastal Firenzes, kus see äratas Austria ja Šveitsi ököpõllumajanduses tegevate entomoloogide tähelepanu. Suhtlus ja edasised kontaktid nendega mõjutasid oluliselt mu järgnevate aastate tegevusi.

Taimetõmmised keskkonnale ohutumate vahenditena võimaldavad küll mõjutada putukate esinemist, kuid sama tähtis on teada, millised taimetoidulisi putukaid hävitavad röövtoidulised putukad esinevad erinevates kultuurides eri viljelusviiside korral. Mitme magistritöö kaudu selgus jooksiiklaste liigiline koosseis põllukultuurides sõltuvalt viljelusviisist, kultuurist ja põllu äärealast. Loodus-

lähedasem viljelusviis koos mitmekesise äärealaga näitas mitmekesisemat ning arvukamat jooksiklaste armeed, mis ohjab paremini võimalikke kahjureid. Tõusis tõsine huvi ökoloogilise ehk mahepõllumajanduse vastu, mis veel oluliselt süvenes täiendustel 1999 aastal USA Pennsylvania ülikoolis ja Šveitsi Ökoloogilise põllumajanduse uurimisinstituudis (FIBL). Koduülikoolis oli sellele vastuseis. Rektorile saadeti isegi kaebekirju, et sellist viljelusviisi soovitavate professorite koht pole ülikoolis. Tollane agronoomiateaduskonna dekaan Juhan Jõudu lahendas siiski olukorra rahumeelselt ja ma jäin oma kohale. Küll aga sundis selline olukord lahendust leidma ning aastal 2000 asutasime koos Merit Mikuga Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutuse, levitamaks ökoloogilise põllumajanduse teavet. Esialgu küll suurel määral välislektorite kaasabil. Nii seminaride kui põllupäevade tegemine viis aga väga heade suheteni põllumajandustootjatega. See võimaldas hästi edastada ka kogu taimekaitse osakonna keskkonnasõbralike taimekaitsevõtete uurimiste tulemusi.

Aastatuhande vahetuseks kaitseisid doktorikraade nii Enno Merivee, Ants-Johannes Martin kui Marika Mänd. Enno arendas jõudsalt putukate tundeorganite morfofüsioloogia selgitamist, Marika aga edukalt tolmeldajate putukate uuringuid. Ants-Johannes süvenes sipelgate maailma. Osakond täienes noortega, sest oma kraadiõpet tegevad tudengid lülitusid kõik vastava valdkonna uurimistöösse. Sihtfinantseerimise projektid, mis olid suunatud keskkonnasõbraliku taimekaitse arendamisele said rahastamise. Ühtlasi saime aastal 2001 esimestena ülikoolis Euroopa Liidu 5. raamprogrammi projekti rapsikahjurite integreeritud tõrje uurimiseks. Selle projektiga sai alguse kiletiivalistest parasitoidide tundmaõppimine ning Eve Veromann koolituse oma kraadiõppe kaudu rapsikahjurite parasitoidide osas. Töö osakonnas sujus. Rõõmu tegi, et aastal 2002 määrati osakonna tuumikule – Külli Hiisaar, Luule Metspalu, Enno Merivee, Aare Kuusik ja mina, riiklik põllumajandusteaduse aastapreemia keskkonnahoidliku taimekaitse uurimistulemuste eest. Samal aastal viisin vabaainena sisse ka öko- ehk mahepõllumajanduse õpetamise. See pakkus huvi ja jäi esialgu püsima loomakasvatuse ja keskkonnakaitse erialade magistriõppes. Nüüdseks aga on siiski jõudnud ka taimekasvatust õppivate tudengiteni. Järjestikku tuli osalus mitmetes rahvusvahelistes mahetootmise õpetamist käsitlevates projektides, mille põhimõtete juurutamisel suurenes tunduvalt aktiivõppe osakaal (grupidöö, probleemõpe otse tootmisest jms).

2007. aastal kutsus rektoriks valitud Mait Klaassen mind oma meeskonda teadusprorektoriks. Mul oli väga hea meel oma positsioon osakonnas anda üle oma endisele juhendatavale Marika Männile, kes on seda, praeguse nimega taimeteravise õppetooli, väga edukalt edendanud. Prorektori aastaist oli kindlasti oluline ökoloogilise suuna tugevdamine nii õppe- ja teadustöös kui ülikooli igapäeva elus roheline ülikooli reeglistiku arendamise kaudu. Selle raames sai 2008. aastal algatatud Mahekeskuse loomine, arendamaks ülikooli sees koostööd eri valdkondade vahel mahetootmise edendamiseks ning viimaks teadmisi ettevõtjateni ja tõstmaks rahva teadlikkust vastavas valdkonnas. Ärgitamaks noori mahevaldkonnas uurimistöid tegema, panin 2009. aastal aluse mahestipendiumi fondile, mis kestab senini saades täiendusi annetustest najal. Prorektori ametiaja järgselt aastast 2013 osalesin vanemteadurina paaris rahvusvahelises mullaviljakuse uuringutega

seotud projektis (TILLMAN, FERTILCROP) ülikooli poolse juhina. Nende tulemused ja ka Eerikale rajatud erinevates taimekasvatuse viisides olev pikaajaline külvikorrektsioon tõid selgelt esile maheviljeluse eelised nii mulla tervisele kui viljakusele. Külvikorra rikastamine maheviljeluses talviste vahekultuuride ja kompostiga parandas mullatingimusi ja tõstis elurikkust. Elurikkas mahemullas pärsitakse aga nii taimekahjustajaid kui soodustatakse taime kasvu. See viis olulise tõdemuseni – taime tervis määratakse tema pärilike omaduste kõrval eelkõige kasvatuse viisi poolt. Muidugi mõjutab seda oluliselt ka põllumajandusmaastiku mitmekesisus nagu on näidanud osakonnas läbiviidud uuringud taimekahjustajate looduslike vaenlaste esinemise kohta sõltuvalt põldude äärealadest. Seega elurikkuse soodustamisega põllul ning põllumajandusmaastikus saab tagada terved taimed ja kestliku taimekasvatuse.

2020. aasta septembris täitis mul 44 tööaastat ülikoolis ja ma jäin pensionile. Selja taha jäi pikk tööperiood, kus tuli ju lisaks õppe- ja uurimistööle teha palju teadusorganisatoorseid tegevusi (konverentside, seminaride, teadusartiklite kogumikud, õppepäevad, erinevad otsustuskogud – teaduspoliitika komisjon, ETF-i ekspertkogu, erinevad nõukogud jms). Õpetatud sai mitut tuhandet tudengit, juhendatud hulgaliselt nii diplomi-, bakalaureuse, magistri kui doktoritöid. Neist 17 sh on praeguse taimetervise osakonna tuumik. Tööelu on olnud huvitav ja arendav, kohati ka väga pingeline, kuid igati kordaläinud tänu headele kolleegidele nii lähiümbruses kui kauges maades ning õpilastele. Selle kõige kõrval kasvatasin üles poeg Karli, kellest on saanud teokas arhitekt. Kahele pojapojale on tore looduse tundmist õpetada Uue-Pikamäe taastatud põlistalus. Loodus, muusika ja kirjandus on mulle alati hingetuge pakkunud.

Elupilte olnust

Luule (Talp) Metspalu

Sündisin 12. veebruaril 1941. aastal Hiiumaal Pühalepa vallas Palade külas Kurbal. Sünniööil ilmus väravaposti otsa öökull, keda keegi varem ega hiljem ei näinud. Teadjanaine, kes viibis sünni juures arvas, et mu elusaatus kujuneb keeruliseks. Suvel algas sõda, isa läks sõtta ja sai surma. Sõjamõllus sai kodumaja tabamuse, põles maani maha, vanaema sai surma ja mina raskelt haavata. Elupäästjaks sai Saksa sõjaväearst, kes noppis välja killud, puhastas ja õmbles haavad. Järgnevad kuus aastat oli meie (ema ja kolm last) elupaigaks saunahütt. Lapsepõlvest on helged mälestused, sest mured ja raskused olid ema kanda. Mängumaad olid mitmekeesised: kadakased karjakoplid, kaunid puisniidud ja ka mererand. Läbi usumatute raskuste ehitas ema üles uue kodumaja. Sealt sööbis eluks ajaks mällu hirmutav sõna – pangavõlg. Iga kopikas oli arvel, sest majalaen tuli riigile tasuda.

Aastatel 1948–1955 õppisin Palade 7-klassilises koolis. Majanduslikult raskest olukorras oli mu haridustee jätkamine ainuvõimalik sellises tehnikumis, kus õpilastele maksti stipendiumit. Hiiumaa kauni looduse keskel kasvanuna oli mu kindel soov minna õppima maaga seotud eriala. 1955. aastal algasid agronoomia õpingud Mõdriku Põllumajandustehnikumis (MPT), algas iseseisev elu. Tehnikumide reorganiseerimise käigus, 1957. aastal, viidi Mõdrikul agronoomiat õppinud õpilased üle Türi Põllumajandustehnikumi (TPT). 1958. aastal olin grupi kursusekaaslastega 4 kuud Kasahstani uudismaal viljakoristustöödel, õppides seal selgeks nii traktori kui kombainiga töötamise. Oluliseks stiimuliks oli ka teenitud töötasu. Lõpetasin TPT nooremagronoomina 1959. aastal. Järgnes kolm õpingutejärgset kohustuslikku tööaastat põllubrigadirina Kohtla-Järve rajoonis Mäetaguse sovhoosis. Ühiskondlikus korras olin sel ajal ka Kohtla-Järve komsomoli linnakomitee mittekoosseisuline sekretär, see amet kasvatas esinemisjulguse. Brigadiri amet polnud kergete killast. Töökäsi nappis ja palju töid tuli teha lisatööjõuga, kes toodi kohale Ahtmest, Kohtla-Järvelt või Jõhvist. Enamasti olid need venekeelsed teistest rahvustest inimesed, kelle kombad ja tööharjumused olid eestlastega võrreldes oluliselt erinevad, mida tuli siis pidevalt korrigeerida.

1962. aastal asusin õppima Eesti Põllumajanduse Akadeemiasse (EPA) agronoomia erialale. Ühel kursusel, õppegrupis, toas ning edaspidi ka aspirantuuris ja tööl olin koos Külli Hiiesaarega. Meist kujunes tandem, kelle ühine teadustegevus ning sõprus kehtis üle poole sajandi – Külli lahkumiseni igavikku 2019. aastal. EPA-s kuulusin üliõpilaste teaduslikku ühingusse (ÜTÜ). Sealt saigi tunnustatud entomoloogia õppejõu Leida Leivategija juhendamisel alguse püsiv huvi putukate vastu. Ka EPA lõputöö valmis viljapuuaedades toimetavatest kasurputukatest. Üliõpilaste teadustööde konkursil osutus töö II preemia vääriliseks. EPA lõpetasin 1967. aastal õpetatud agronoomina ning seejärel algasid õpingud entomoloogia erialal (1967–1970) aspirantuuris Teaduste Akadeemia Zooloogia ja Botaanika instituudis (TA ZBI). Uurimisteemaks said kahjurputukate, eriti öölaste haigused,

kus keskendusin pisieoseliste poolt põhjustatud mikrosporidioosi ja peremeesputuka vaheliste suhete ja mõjude uuringutele. Töö teaduslikuks konsultandiks oli õnn saada Üleliidulisest Taimekaitse Instituudist (VIZR) ülemaailmselt tunnustatud teadlane, professor Irma Issi, kellega kujunes koostöö ning sõprussidemed, mis kestsid üle aegade ja riigikordade. Seoses väitekirjaga tuligi palju aega töötada VIZR-is, sealst kujunesid head sidemed ning koostöö mitme ainuraksete uuringutele pühendunud tollaegse kodu- ning välismaa teadlasega. Kui 1968. aastal tuli ZBI-sse noor TRÜ bioloogiatudeng Anne Luik, siis minu, Anne ja Külli vahel sõlmusid kohe suurepärased töö- ning sõprussidemed, mida aeg on vaid tsementeerinud, ja mis kestavad meie aja lõpuni.

Väitekirja kaitsmine toimus 1973. aastal, mis päädis bioloogiakandidaadi (PhD) teaduskraadiga. Aspirantuuri järgselt jätkus töö ZBI eksperimentaalentomoloogia laboris, alguses vaneminsenerina, pärast kraadi kaitsmist nooremteadurina ning alates 1982. aastast vanemteadurina. Jätkusid edukad putukate patoloogialased uuringud ning koostöö mitmete maailmas tunnustatud teadlastega ning osalesime Külliga nii üleliidulistes kui ka rahvusvahelistes uurimisprogrammides.

Eelmise sajandi kaheksakümnendate alguses toimusid NL-is suured ümberkorraldused, sealhulgas ka teaduses. Käiku läks üleliiduline toitlusprogramm, päevakorda tulid keemilisele kahjuritõrjele alternatiivsed vahendid. Ka ZBI-s reorganiseeriti eksperimentaalentomoloogia labori töö, ühendati paljud teemad ning selle käigus sunniti meid loobuma putukate haiguste uuringutest. Siiski, nagu hiljem selgus, oli üheks põhjuseks ka see, et olime Külliga muutunud liiga iseseisvateks ja meie tegevusi ja sidemeid välismaa teadlastega ei suutnud instituudis selleks seatud inimesed enam kontrolli all hoida.

Kuivõrd päevakorrale olid tõusnud putukate hormoonide sünteetilised analoogid ja nende kasutamise võimalused kahjuritõrjes, siis nüüd pidime oma teadustöö sellele suunale ümber korraldama. Algas aastaid kestnud koostöö TA Keemia Instituudiga, kus sünteesiti putukate juveniilhormonaalse toimega aktiivaineid – juvenoide, eesmärgiga töötada putukate tõrjeks välja efektiivsed juvenoidpreparaadid. Suure hulga sünteesitud preparaatide esmased katsetamised toimus ZBI entomoloogialaboris. Nende katsetamine oli ka üks minu ülesannetest. Lootustandvamaid preparaate käisime katsetamas paljude NSVL piirkondade (Kesk-Aasia, Kaukaasia, Ukraina, Moldova, Venemaa jne) teadusasutuste laborites ja katsepõldudel. ZBI eksperimentaalentomoloogia labori ning Keemia Instituudi inimeste (Lääts, Kogermann jpt) aastatepikkuse töö tulemusena töötati välja ning lülitati üleliidulisse taimekaitsevahendite nimekirja perspektiivne juvenoidpreparaat Efokseen-P. Selle preparaadi väljatöötamise eest saime autoritunnistused (Aare Kuusik, Külli Hiiesaar ja mina). Töös oli veel mitmeid teisigi juvenoididpreparaate, ka olmekahjurite tõrjeks, mida samuti käisime katsetamas tollaegsetes liiduvabariikides. Koostöö sujus ka Üleliidulise Hügieeni Instituudiga, kellega koos uurisime nende preparaatide toimet olmekahjuritele (vaaraosipelgas, harilik prussakas). Osalesin ka putukate feromoonide alastes uuringutes ja katsetasin ka neid preparaate (näiteks õunamähkurile, naksuritele jne).

Paralleelselt preparaatide katsetamisega jätkusid laboris meie endi initsiatiivil putukate füsioloogialased uuringud. Töötasime Aare Kuusiku juhtimisel välja

uusi perspektiivseid ning maailmas tunnustust leidnud meetodeid ja kohandasime aparatuuri. Näiteks töötasime välja putukate hingamise jälgimiseks hapniku neeldumise elektroonse aparatuuri; täiendasime ning täpsustasime tõrjevahendite erinevate toimemehhanismide selgitamise metoodikat. Selle tulemusena osutus putukal võimalikukse mitme füsioloogilise parameetri üheaegne registreerimine ning see aitas tuvastada väikesemadki muutused putuka organismis. Tänu just Aare poolt välja töötatud metoodikale osutus võimalikuks ka putuka seisundi hindamine hingamismustrite jälgimise abil. Laboris selgitasime ka putukate külmakindluse probleeme, täiustades aparatuuri ja metoodikaid. Uute meetodite tutvustamiseks korraldasime mitmeid üleliidulisi teaduskonverentse ning andsime välja toimetisi. Võtsin osa kõigis neis tegevustest ja protsessidest.

Eesti taasiseseisvumine tõi kaasa teaduse korralduses taaskord suured muutused. Eesti Vabariik loobus nii Keemia Instituudist kui ka seal välja töötatud preparaatidest – sellega oli paljude teadlaste, nende hulgas ka minu, aastatepikkune juvenoidide ning feromoonide alane töö jooksanud liiva. Rahalistesse raskustesse sattunud ZBI-s tõusis päevakorda meie labori töö lõpetamine ning inimeste koondamine. Kuna juvenoidide katsetamise perioodil olime laboris siiski jätkanud putukate füsioloogiaalast intensiivset uurimistööd ning selleks ajaks oli juba välja kujunenud maailmamainega nn Aare Kuusiku koolkond, leidis meie töö tunnustuse Eesti Põllumajandusülikoolis (praegune Eesti Maaülikool). Meie labor läks 1992. aastal Taimekaitse Instituudina tollaegse EPMÜ koosseisu. Jätkasin seal vanemteaduri ametikohal, kuid nüüd lisandus teadustöö kõrvale ka õppetöö. Õpetasin aastate jooksul üliõpilastele putukate haigusi, viljapuude ja marjakultuuride kahjureid ning taimede ja putukate vahelisi suhteid. Teadustöö oli suunatud nüüd olulistele põllukahjuritele (hiilamardikad, kapsaliblikad, kartulimardikas), kusjuures jätkusid intensiivselt ka putukate füsioloogiaalased uuringud. Pidevalt avaldasime oma töö tulemusi (nn 'siisikesi') ka rahvusvahelistes teadusajakirjades.

Uudsenäa Eestis selgitasime omavahelisi suhteid kaskaadis taim-putukas-parasitoid ning toidutaimede mõju putukate füsioloogilisele seisundile ja arengule. Arendasime peleta-meelita tõrjesüsteemi.

Kuulusin ka tööühma (Anne Luik, Aare Kuusik, Enno Merivee, Külli Hiisaar ja mina), kes 2002. aastal sai Eesti Vabariigi põllumajanduse alase teaduspreemia ('Entomoloogilised uurimused keskkonnasäästliku taimekaitse arendamisel'). Töö kõrval olin mitmesugustes komisjonides: ETN-i üliõpilaste teadustööde riikliku konkursi hindamiskomisjonis, EMÜ agronoomiateaduskonna nõukogus, teadusmagistrite kraadikaitsmise komisjonis (sekretär). Neljal järjestikusel perioodil olin ETF-i poolt eraldatud teadusgrantide grandihoidja ja mitme teadusprojekti põhitäitja ning rahvusvahelise teadusajakirja 'Agronomy Research' asutajaliige ning toimetuskollegiumis. Olen juhendanud arvukalt nii üliõpilaste diplomi-, baka-, magistri- kui ka doktoritöid. Aastate jooksul olen kokku pannud, redigeerinud ning toimetanud hulgaliselt teadustööde kogumikke ning toimetisi. Kuulusin Üleliidulisse Parasitoloogi Ühingusse ning käesoleva ajani olen Eesti Loodusuurijate Seltsi liige. Minu tööd EMÜ-s on tunnustatud teenetemedaliga ning teaduse populariseerimise auhinna.

Kirjutanud olen ligikaudu 350 teaduslikku ning populaarteaduslikku artiklit. Koos VIZR-i teadlastega olin kollektiivse venekeelse monograafia 'Peremehe ja parasiidi suhted' (1984, Leningrad) ja monograafia 'Insektitsiidide toimemehhanismide uurimine putukatel' (1995, Tartu) üks autoritest (A. Kuusik, L. Metspalu, K. Hiisaar). Ainuautorina olen avaldanud 'Taimedega kahjurite vastu' (2017), 'Viljapuude ja marjapõõsaste kahjurid' (2020) ja 'Kahjurid inimese, toidu ja tare kallal' (2021). Kaasautor: 'Maasikakasvatus' (1996), 'Katmikkultuuride kahjurid, nende bioloogia ja keskkonnasäästlik tõrje' (1997), 'Viljapuude kahjurid ja nende looduslikud vaenlased' (1998), 'Õun aias ja köögis' (1999), 'Maasikas aias ja köögis' (2000), 'Kurk aias ja köögis' (2001), 'Ristõieliste kultuuride kahjurid' (2002), 'Kartulikasvatus' (2002).

Õpinguaastatel olin MPT, TPT ja EPA kergejõustikukoondistes, osalesin kodumaistel ja üleliidulistel võistlustel, tulin Eesti meistriks. Aspirantuuri ajal kuulusin Tartu alpiklubisse 'Firn' ning käisin alpinistina mägedes. Mägedest kujunesidki suured lemmikud ning sinna läksin võimaluse korral taas ja taas. Huvitasid teised maad ning rahvad ja võimaluste avanedes külastasin paljusid maailma maid, kas siis teadustöö raames või eraalgatuse korras.

Saatuse tahtel ning raskuste kiuste kasvatasin üksinda üles kaks poega. Korvamatu kaotus tabas mind 28. septembril 1994. aastal, kui parvlaev Estonia katastroofis hukkus mu vanem poeg Aldo, kes oli meremees. Karm elukool oli kasvatanud kange iseloomu, mis aitas mu läbi ka kõige raskematest katsumustest. Praegu olen inseneri haridusega noorema poja Tormi kolme imelise lapse vanaema. Jõudumööda kasvatan neis armastust looduse vastu. Olen uhke oma Hiiumaa päritolule ja mu sidemed kauni kodusaarega pole kunagi katkenud.

Külli Hiisaar

04.10.1943 – 28.09.2019

Külli sündis Tartus mereväehvitseri perekonnas. Isa töötas vabariigi päevil Suurupi merekindluses, arreteeriti 1944. aastal, sai tavapärase vanglakaristuse (25 aastat vangistust pluss 5 aastat asumist) ning 1949. aasta märtsiküüditamise käigus saadeti rahvavaenlase pere – ema kahe väikese tütreaga – Siberisse. Viieaastane Külli sattus seitsmeks aastaks Krasnojarski kraisse, Hakassiasse. Esimesed aastad olid rasked, elati muldonnis ja toiduga olid asjad päris kehvad ning tühja kõhu tunne voodisse minnes oli tavaline. Eestlased olid töökad ja pikapeale elu paranes. Tema koolitee algas Soni küla 7-klassilises koolis, kust ta sai kaasa hea vene keele oskuse, helged mälestused kaunist loodusest ja kohalikest elanikest, kelle hulgas oli palju väljasaadetuid. Lapsepõlve kohta Sajaanides ütles Külli alati, et lapsena oli Siberis elu lihtne kuna tegelik murekoorem oli ema kanda. Tema oma meenutuste järgi polnud ta üldse rõõmus kui tuli teade, et pere võib Eestisse tagasi pöörduda.

Eestisse jõuti 1956. aasta sügisel ja Külli koolitee jätkus tädi juures Haapsalus 1. keskkoolis 1956–58. Ta meenutas vahel oma esimest pidu Haapsalu koolis, kus ta jäi arusaamatult vahtima noormeest, kes tema ees kummardas – vene koolis käis tantsule kutsumine teisiti. Üldiselt suutis Külli uue keskkonnaga kohaneda suhteliselt valutult ja ühtki kooliaastat ta ei kaotanud. Paljud Siberis venekeelses koolis alustanud eesti lapsed kaotasid ühe kooliaasta, kuna tuli harjuda keele ja siinsete kommetega. Hiljem koliti Tallinna, kus ta lõpetas 1962. aastal tollaegse 7. keskkooli Tõnismäel.

Edasise koolitee valikul oli tema enda sõnul määravaks soov saada iseseisvaks ja minna tööle maale, kuna talle ei meeldinud Tallinna linn. Oma osa mängis selles kindlasti lapsepõlv kaunites Sajaanides. Seega oli loogiliseks valikuks tollaegse Eesti Põllumajanduse Akadeemia agronoomiateaduskond. Siin sattus ta ühele kursusele, õppegruppini ning samasse tuppa, hiljem ka aspirantuuri ja töölegi Luule Metspaluga, kellega koos kujunes välja tandem, kus viljakas teadustöö ning sõprus kestsid Külli elu lõpuni. Alates esimesest kursusest võttis ta osa üliõpilaste teadusliku ühingu (ÜTÜ) tegevusest, kus tunnustatud entomoloogia õppejõu Leida Leivategija juhendamisel sai alguse püsiv huvi lülilalgsete vastu. Esialgu oli tema erilise tähelepanu all viljapuuadades sellel ajal suurt kahju tekitanud viljapuu võrgendilest ning uuringute tulemusena valmis 1967. a diplomitöö viljapuu võrgendilestast. Üliõpilaste teadustööde vabariiklikul konkursil tunnistati lõputöö diplomi vääriliseks. Menetluspraktikal oli ta Saaremaal Leisi sovhoosis ja talle pakuti sinna pärast lõpetamist seemnekasvatuse agronoomi kohta. Teiste võimaluste avanedes jäi see kasutamata.

EPA lõpetamise aasta kevadel muretses juhendaja kaks aspirantuuri kohta entomoloogia erialale tollaegsesse Teaduste Akadeemia Zooloogia ja Botaanika Instituuti (TA ZBI) Riia tänavas. Ja et kogu tema edaspidine elu jäigi seotuks instituudi ja entomoloogiaga, selles mängis oma osa juhus – instituuti tutvustas kahele

aspirandikandidaadile (Küllile ja Luulele) hea sõnaseadega entomoloog Vambola Maavara. Külli sai aspirantuuriaegseks teaduslikuks konsultandiks maailma tunnustatud mikrobioloogi, professor Irma Issi Üleliidulisest Taimekaitse Instituudist (VIZR), kelle laboris Peterburis (Leningradis) tuli aspirantuuri ajal kuude kaupa õppida. Sellest kujunesid välja pikaajalised sõprussidemed, mis kestsid üle aegade ja riigikorralduste muutuste Külli surmani. Bioloogikandidaadi väitekirja, milles käsitles kaskaadi putukas-parasitoid-patogeen, kaitses ta 1974. aastal. Sellega seoses meenutas ta, et kandidaaditöö kinnitamisest teatanud postkaardi – mis tähendas automaatselt palgatõusu – oli keegi direktsooni unustanud peaaegu aastaks lihtsalt oma sahtlisse vedelema. Aspirantuuri lõpetamise järgi töötas ta ZBI-s vaneminsenerina (1971–74), nooremteadurina (1974–83) ja alates 1983. aastast kuni elu lõpuni oli ta vanemteaduri ametikohal.

Aspirantuurijärgsetel tööaastatel keskendusid uuringud köögiviljakahjuritele, parasitoididele ning nende ühisele haigusele – mikrosporidioosile. Töid saatis edu ning Külli oli kaasatud mitmetesse üleliidulistesse ning rahvusvahelistesse putukate patoloogialaastesse uurimisprogrammidesse. Koos Üleliidulise Taimekaitse Instituudi teadlastega oli ta kollektiivse venekeelse monograafia 'Peremehe ja parasiidi suhted' (1984, Leningrad) üks autoritest.

Olulised muutused ZBI eksperimentaalentomoloogia labori temaatikas toimusid eelmise sajandi kaheksakümnendate aastate alguses, kui NSV Liidus rakendus toitlusprogramm ja võeti suund mürgkemikaalide asendamisele keskkonnanohutamate liigispetsiifiliste mõjuritega. Sellesse uurimisprogrammi lülitus ka TA Keemia Instituut Tallinnas, kes kaasas katsete läbiviimisse ZBI eksperimentaalentomoloogia labori. Varasemad uurimisteemad tuli lõpetada ja kogu jõud suunati nende ülesannete täitmisele. Küllil tuli loobuda südamelähedasest ning edu toonud putukate patoloogialaastest uuringutest ning alustada täiesti uue teemaga. Keemia Instituudi poolt sünteesitud tõrjepreparaatide katsetamiseks sõlmiti sidemed liidu erinevate piirkondade (Venemaa, Ukraina, Moldova, Aserbaidžaan, Usbekistan jt) teadusasutustega ja Külli oli üks katsete läbiviijatest. Koostöö TA Keemia Instituudiga päädis tõhusa taimekaitsepreparaadi Efokeen-P väljatöötamisega mis tõi Küllile autoritunnistuse. Vaatamata suurele töökoormusele katsetustöodes jätkus tal energiat tegeleda Eestis tollel ajal oluliste kahjurite kõrval ka toona vähelevinud kahjurite (kartulimardikas, kasvuhoonekarilane jt) tõrje küsimustega.

Eesti Vabariigi taasiseseisvumisega alanud teadusasutuste ümberkorralduste käigus ühines TA ZBI eksperimentaalentomoloogia labor tolleaegse Eesti Põllumajanduse Ülikooliga (nüüdne Eesti Maaülikool). Laia silmaringi ja põlluharija teadmistega teadlasena oli Külli ka maaülikoolis entomoloogia ja taimekaitse õppejõuna kõrgelt hinnatud, juhendades paljusid kraadiõppureid, õpetas tudengeile põllukahjureid ja nende looduslikke vaenlasi ja loodushoidlikku taimekaitset. Jätkus ka intensiivne uurimistöö ning tema peamiseks uurimisvaldkondadeks olid peremees-parasiidi suhted käsitletuna biotõrje aspektist, kahjurputukate külmakindlus ning loodushoidlik taimekaitse. Ta kuulus töörühma, kes pälvis 2002. aastal Eesti Vabariigi Teaduspreemia ning tema tööd tunnustati EMÜ teenetemedaliga. Oli Eesti Loodusuurijate Seltsi liige ning tegusa ja kohusetundliku inime-

sena kaasati alati instituudi poolt korraldatavatesse rahvusvaheliste konverentside orgkomiteedesse. Ta oli mitme ETF grandii hoidja ja ka põhitäitja.

Küllil oli usin artiklite kirjutaja – neid on mitusada. Hea vene keele tundjana vaatas ta üle ja parandas aastakümneid kaastöötajate venekeelseid artikleid. Lisaks teadusartiklitele avaldas ta taimekaitsega seotud populaarteaduslikke artikleid (omavahel nimetati neid „seebikateks“) paljudes eestikeelsetes väljaannetes. Viimastel aastakümnetel uuris ta põhjalikult kartulimardika kohastumisi Eestis: levikut, muutusi kahjuri füsioloogias ning käitumises ja temast sai meie parim spetsialist sel alal. Ta tegi kaastööd eestikeelsetele teatmeteostele, oli monograafia 'Insektitsiidide toimetehhanismide uurimine putukatel' (1995) üks autoritest ja mitme putukatega seotud raamatu kaasautor: 'Katkikultuuride kahjurid, nende bioloogia ja keskkonnasäästlik tõrje' (1997), 'Viljapuude kahjurid ja nende looduslikud vaenlased' (1998), 'Õun aias ja köögis' (1999), 'Kurk aias ja köögis' (2001), 'Ristõieliste kultuuride kahjurid' (2002), 'Kartulikasvatuse' (2002). Saatuse tahtel kasvas üksinda üles tütar Triin'i, kes intensiivsematel tööperioodidel sai olla Tallinnas vanaema ja vanaisa hoole all.

Juba ülikoolipäevil lubas ta hea füüsiline vorm mängida lauatennist, hüpata langevarjuga, käia matkamas – kas seljakoti või jalgrattaga. Talle meeldis looduses lihtsalt ringi hulkuda ja ta ise tunnistas, et tal on seikleja korilase hing. Kui vähegi võimalik tuli käia metsas nii Palal, Kablis kui Saaremaal – kas lihtsalt niisama või siis marja- või seenekorviga. Tal olid väga nobedad näpud ja kui mõnes kohas oli marju palju siis hõikas ta kaaslast, et tulgu nad siia, sest temal on siin igav. Küllile ei meeldinud massiüritused, samas ta nautis väikest seltskonda. Temaga sai vaielda, aga kui ta oli mingis asjas veendunud, oli võimatu seda veendumust muuta. Ka kõige halvematest olukordadest oskas leidis alati ka midagi head.

Talle meeldis kokkamine ja matkagrupis sai söögitagemine ikka kuidagi märkamatuks tema ülesandeks. Kaasaegsetesse retseptidesse suhtus ta skeptiliselt – maitseainete loetelu neis ületas tema arvates vajalikkuse piiri. Ühest traditsioonist pidas ta kinni – pühapäeva hommik algas pannkookidega.

Oma igapäevaelu ja kodutehnika osas oli Külli konservatiiv ja rohelise mõtteviisiga, lähtudes põhimõttest: ärge lõhkuge toimivaid süsteeme! Pangakaart, mobiiltelefon, uus telekas ja kodune lauaarvuti jõudsid temani siis, kui ilma enam tõesti ei saanud. Ta ei suutnud mõista inimesi, kes pidevalt uuendasid mööblit ja garderoobi ning elasid arvutimaailmas. Ja bussiga Tartust Tallinna sõites nautis ta alati Eestimaa loodust, samas kui enamiku reisijate pilgud olid seotud nutitelefoni ekraanidega.

Küllil oli 'rohenäpp', tal meeldis olla kättpidi mullas ja kõik, mis ta kasvama pani, see ka kasvama läks. Ta oli ka suur loomasõber, kes teadis kõiki Annelinna lähikümbruse peniseid. Talle ei meeldinud kursusekaaslased-jahimehed, aga põhimõttelised vaidlused sel teemal kaugele ei viinud, kuna tuli jaatavalt vastata küsimusele liha söömise kohta. Külli lemmiklinnuks oli varblane – nende jaoks oli tasku alati karbike päevalilleseemnetega. Ja kui nädalavahetuseks maale jõudes ootas õuemurul 40 mutimullahunnikut, siis arvas ta stoiliselt, et see on ju siin nende kodu ja hoopis meie oleme raurikkujad.

Väsimatu maadeavastajana käis ta konverentsidel ja ekspeditsioonidel kõikjal üle Nõukogude Liidu, võimaluste avanedes üle maailma. Täitus ka suur unistus – tal avanes võimalus sõita 2017. aasta juulis (ka seekord riigi kulul) Kunstiinstituudi ekspeditsiooniga oma lapsepõlvemaale Hakassiasse Soni külla. Ees ootas tuttav ja kaunis loodus aga tundmatuseni muutunud külaühiskond ning mõned kohale jäänud eestlased, kes olid unustanud oma emakeele. See käik oli kui palsam hingele ning tuli ikka ja jälle jutuks.

Tema lemmikuteks olid kõrb, meri ja päikeseloojangud. Neid päikeseloojakuid nautis ta kõikjal, kus avanes võimalus: Kreekas, Egiptuses, Saaremaal Panga pangal, Kabli rannas. Oma rännakutest olid tal kõige paremad mälestused Kreekast – ta ütles et sinna sattudes oli tal tunne, et on selles paigas varem olnud.

Külli jaoks olid kaunimad lilled punased nelgid, aastaagadest meeldisid talle teguderohked kevad ja suvi. Sügise saabudes ütles ta alati, et sooviks minna talveunne, nagu paljud tema lemmikputukad. Viimastel aastatel pikendas ta koos sõpradega Eestimaa suve reisiga Egiptusesse, sooja Punase mere äärde, kus sai jalutada kõrbes ja nautida kiiret värvikat päikeseloojangut.

Külli lahkus igaviku teele 28. septembril 2019. aastal ja on maetud Tallinna Pärnamäe kalmistule oma vanemate kõrvale.

Küllil eluloo kirjutas Märt Rahi

Milvi Agur

Milvi (Madisson) Agur sündis 17. aprillil 1939. a Viljandimaal Rimmu alevikus. Tema isa töötas metuskonnas, ema oli kodune. Koolitee algas Vana-Kariste algkoolis ja jätkus Pärnu I Keskkoolis, kus ta omandas keskhariduse. 1956. aasta sügisel astus M. Agur Eesti Põllumajanduse Akadeemia (EPA) agronoomiateaduskonda ja lõpetas selle *cum laude* 1961. a õpetatud agronoomina. Pärast lõpetamist asus tööle TA Eksperimentaalbioloogia Instituuti (TA EBI) viroloogia osakonda, kus algusaastail töötas vanemlaborandina, hiljem vaneminsenerina. Aastail 1963–1966 õppis ta EBI-s aspirantuuris taimekaitse ja fütopatoloogia erialal. Väitekirja teaduslikuks juhendajaks oli B. Nurmiste. M. Agur kaitses 1969. a väitekirja “Kartuli nn. N viiruse infektsioonilised omadused ja nende sõltuvus mõningatest bioloogiliselt aktiivsetest teguritest” EPA teaduslikus nõukogus ning talle omistati põllumajandusteaduste kandidaadi (PhD) teaduskraad. Pärast aspirantuuri lõpetamist jätkas M. Agur tööd EBI-s viroloogia osakonnas, nüüd juba nooremteadurina (1969–1978) ning hiljem vanemteadurina (1978–1986) ja juhtteadurina (1986–1990). Eesti Vabariigi taastamise järgselt juhtis aastatel 1990–1996 EBI-s viroloogia osakonna tööd osakonna juhataja kohusetäitjana ja 1996. aastast kuni 2002 aastani oli taimeviroloogia osakonna juhataja.

Milvi Aguri teaduslik uurimistöö põhiobjektiks olid Eestis levinud kartuliviirused. Ühe osana sellest uuris ta kartuliviiruste (N, X, M) nakkuslikke omadusi, ülekannet (eelkõige seemne kaudu) ja tõrjevõtteid. Selgitas välja viirushaiguste reservaat (umbrohud, dekoratiivtaimed). Selle suuna viljelemisel töötas ta välja ja täiustas viiruste diagnostikat ja teisigi meetodeid, näiteks viirusdiagnostika kompleksanalüüsi meetod, mida ta rakendas EVIKA-s meristeem-meetodil tervendatud seemnekartuli algmaterjali viirusnakkuse kontrollil. Seda rakendati ka köögiviljade seemne viirusnakkuse kontrollil. Samuti uuris ta kartulisortide haiguskindluse küsimusi, viirusresistentsust ning selle seotust kartuli resistentsusareetusega. Tema eesmärgiks oli teoreetiliste ja tehnoloogiliste aluste väljatöötamine viirusresistentse ja viirusvaba lähtematerjali saamiseks kartuliarretuse ja seemnekasvatuse tarbeks. Milvi Agur juhendas Eestis kasvatatavate ja sordilehele kantud perspektiivsetele kartulisortidele, nende seemikutele, merikloonidele viirusresistentsushinnangu andmist ja uuris resistentsuse sõltumist peremeestaime ja viiruse genotüübist. Ta tegi kindlaks, et kartulisordi resistentsus sõltub nii viirusest kui ka viiruse tüvest. Leidis, et kartulisordi merikloonide resistentsus on erinev ja sõltub meristeemi lokaliseerimisest taimel.

Milvi Agur esines arvukate ettekannetega teaduskonverentsidel ja avaldas üle 80 publikatsiooni nii kodu- kui ka välismaa teadusajakirjades ja -kogumikes. Ta on olnud ka viljakas teadustulemuste populariseerija, avaldas koostöös A. Tiitsuga 1991. aastal monograafia – “Картофель и его болезни.” M. Agur oli tegev teadusnõukogudes (EBI, EVIKA) ja teaduseltsides (Eesti Mikrobioloogia Selts, Eesti Taimekaitse Selts ja Akadeemiline Põllumajanduse Selts). Teda on autasustatud

NSVL Rahvamajanduse Saavutuste Näituse pronksmedaliga 1986. a “Kartulivii-
ruste kompleksanalüüsi väljatöötamine” eest; TA Teadlaste Maja teaduspreemiaga
1988. a ja Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi teaduspreemiaga 1993. aastal.

Harry Karis

23.08.1930 – 27.02.2018

Harry Karis sündis 23. augustil 1930. aastal Tallinnas. Lõpetas 1949. aastal Tallinna Reaalkooli (tollane II keskkool). Ta õppis 1949–1954 Eesti Põllumajanduse Akadeemias agronoomiat. Aastail 1949–1951 oli ta Tartu Ülikooli üliõpilaste teadusliku ühingu liige ja fütopatoloogiaringi esimees. Lõpetas EPA 1954. aastal. Sellele järgnes samas aspirantuur ja ta oli 1957. aastast EPA-s õppejõu. 1961. aastal kaitses ta koduülikoolis kandidaadiväitekirja, kus käsitles mikroelementide mõju tomati haiguskindlusele.

Tallinna Botaanikaaeda (TBA) asus vanemteadurina tööle 1962. aastal (1971–1981 oli ka fütoimmunoloogialabori juhataja), kellena töötas kuni pensionile jäämiseni 1992. aastal. Edasi jätkus veel töö TBA-s teadusfondilt saadud raha toetusel kuni 1996. aastani.

Bioloogiakandidaat Harry Karis on teadusmees, kelle elutöö on esitatud monograafiates ja artiklites, kokku 76 nimetust. Ta on uurinud taimede haiguskindlust, fütopatogeensete seente (eriti jahukasteliste) levikut ja bioloogiat. Peamised uurimistööde kokkuvõtted on monograafiates „Jahukastelised Ida-Euroopas ja Põhja-Aasias”, „Jahukasteliste levik Kirde-Aasias“ ja „Jahukastelised Eestis; morfoloogilistaksonoomiline uurimus”. Peale selle on ta jahukasteseente sugukonda käsitlenud arvukates artiklites.

Peale jahukasteliste seente ei olnud talle võõrad ka nende peremeestaimed nii kodumaal, kui ka kaugemal. Mees, kes usaldas oma alluvaid, kuid samas nõudis täpsust tööülesannete täitmisel. Täpne, väga hea faktimäluga ning alati olid tema esitatud andmed tõesed, mitte „laest võetud“

Enamik Harry sünnipäevi 70-ndatel möödus ekspeditsioonil kusagil Siberis või Kaug-Idas – ta osales 15 ekspeditsioonis. Tulemata ei jäänud ka Karl Ernst von Baeri preemia 1996. aastal. Oli Malle Mandre, Andi Normeti ja Viive Rumbergi kandidaadiväitekirjade juhendaja. Inimesena oli ta laia silmaringi ja mitmete huvaladega, erilised huvid olid ajalugu ja geograafia. Hea vestluskaaslane ning heatahtliku huumorimeelega, millest igauks ei pruukinud alati arugi saada. Matkamine looduses ning pildistamine olid meelepärased tegevused, selle tulemuseks on rohke pildimaterjal. Samuti tundis ta Rae raba linnustikku nende häälte järgi. Talle pakkus huvi kasvatada võõramaiseid puid ja põõsaid. Ekspeditsioonidel kogutud seemnetest ja istikutest rajas ta Rae valda kodutallu rikkaliku kollektsiooni, kus leidub üle 200 liigi, sh nii mõnigi haruldus.

Kirjutas kokku: Pille Hermann

Kaljo (Kalju) Kivi

21.02.1934 – 29.09.1975

Kaljo Kivi sündis Juuru kihelkonnas Juuru vallas. Õppis Härgla 7-klassilises koolis. Oli aastail 1955–60 Eesti Põllumajanduse Akadeemia botaanika ja fütopatoloogia kateedri laborant, õppides samal ajal ka EPA-s, mille lõpetas 1958. a õpetatud agroomina. 1960. aastast algasid õpingud EPA aspirantuuris ning väitekirja „Mikroelementide mõju punase ristiku haiguskindlusele Eesti NSV-s“ kaitses ta EPA teadusnõukogus 1964. a ning talle omistati põllumajanduskandidaadi teaduskraad. Ka aspirantuuri ajal töötas ta EPA fütopatoloogia ja taimefüsioloogia kateedris, alguses assistendina ja peale kraadi kaitsmist vanemõpetajana (1963–1968). 1968 aastal valiti ta dotsendiks ning alates 1970 aastast kuni surmani 1975. a töötas ta sama kateedri juhatajana.

Ta oli põllukultuuride haiguste tunnustatud spetsialist ning kitsama teema raames uuris mikroelementide mõju liblikõieliste taimede ja köögiviljade haiguskindlusele.

Üliõpilaste poolt armastatud õppejõuna oli ta nõudlik, kuid alati õiglane. Oma lühikese elu jooksul jõudis ta kirjutada mitmeid õppevahendeid-määrajaid. Viimane neist ilmus veel siis kui Kaljo Kivi oli juba teispoolsuses. Määrajad on ajale vastu pidanud ja paljud neist on kasutusel veel tänaselgi päeval.

Kalju Kivi; Arnold Laats 1965. *Kõrreliste ja liblikõieliste teraviljakultuuride haiguste määraja*. Tartu: Eesti Põllumajanduse Akadeemia. Kalju Kivi; Arnold Laats 1966. *Liblikõieliste ja kõrreliste heintaimede haiguste määraja*. Tartu: Eesti Põllumajanduse Akadeemia. Hell-Meedi Kivi; Kalju Kivi 1968. *Ristikuhaiguste määraja*. (Abiks loodusevaatlejale 55.) Tartu: Eesti Loodusuurijate Selts. Kalju Kivi; Arnold Laats 1971. *Põllukultuuride haiguste määraja*. Tallinn: Valgus. Kalju Kivi; Arnold Laats 1974. *Viljapuude ja marjakultuuride haiguste määraja*. Tartu: Eesti Põllumajanduse Akadeemia. Hell-Meedi Kivi; Kalju Kivi 1976. *Aiakultuuride haiguste määraja*. Tallinn: Valgus.

Kaljo Kivi on maetud Tartusse Vana-Jaani kalmistule.

Heino Lõiveke

11.02.1942 – 30.05.2018

Põllumajandusteadlane ja fütopatoloog Heino Lõiveke on sündinud ja kasvanud keset Lõuna-Eesti kaunist kuppelmaastikku. Huvist looduse vastu asus õppima Räpina Aiandustehikumi, mille lõpetas aiandusagronoomina kiitusega 1960. a. Kõrgema hariduse omandas EPA-s õpetatud agronoomina *cum laude* 1965. a. Esimeseks töökohaks sai Eesti Maaviljeluse Instituut, kus Heino Lõiveke oli esmalt aspirant ja nooremteadur. 1972. a kaitses edukalt põllumajanduskandidaadi väitekirja teemal "Kurgi fusarioosi levik, tekitajad ja tõrjevõimalused katmiklalal Eesti NSV-s". Tundis huvi teadusliku kirjanduse vastu ja õppis võõrkeeli. Ametialaselt sai peagi vanemteaduriks, juhtteaduriks ja põllunduse osakonna juhatajaks. Aastatel 1998–2000 oli Põllumajandusministeeriumi taimekasvatuse büroo juhataja ja seejärel 2000–2001 Eesti Maaviljeluse Instituudi direktor ning alates 2002 taimekaitse osakonna vanemteadur.

Teadusliku uurimistöö suuna järgi võib eristada tema tegevuses kaht etappi: aastatel 1965–1976 tegeles Heino Lõiveke köögiviljade haiguste bioloogia ja tõrje võimaluste selgitamise suunal, hiljem oli pearõhk teraviljahaigustel: fusariooside ja juuremädanike leviku ja tõrje, süsteemsete fungitsiidide ja bioaktiivsete ainete kasutamise ja nende efektiivsuse uurimisel, teraviljade nakatatus hallitusseentest ja saastumist mükotoksiinidega. Katsetöödele lisandus osalemine rahvusvahelistes programmides Inimene ja biosfäär, nisu aretuse programmid, taimekaitsealased koostööprojektid Taani ja Hollandiga, osalemine Põhjamaade Põllumajandusteadlaste Assotsiatsiooni NJF töös. On juhtinud ja täitnud Haridusministeeriumi sihtfinantseerimise teemat, Eesti Teadusfondi garanti, Põllumajandusministeeriumi rakendusuuringuid, samuti juhendanud magistritöid hallitusseente ja mükotoksiinide kohta. APS-i, Eesti Rukiseltsi, Eesti Taimekaitse Seltsi ja Eesti Mükoloogia Seltsi liige. Aktiivne taimekaitsealane nõustaja raadios ja televisioonis. Vaatamata terviseprobleemidele töötas põllumajanduse hea käekäigu nimel elu lõpuni olles Eesti üks kompetentsemaid taimehaiguste tundjaid. Avaldatud raamatud: 'Köögiviljakultuuride haigused' (1986), 'Taimekaitse käsiraamat' (1995, koostaja ja üks autoritest), 'Teraviljakasvatuse käsiraamat' (1999, autoreid), 'Kartulikasvatuse' (2002, autoreid), 'Õlikultuuride kasvataja käsiraamat' (2004, autoreid), 'Teraviljade fusarioosid Eestis' (2008). Avaldas trükiti üle 500 teadusliku ja populaarteadusliku artikli nii kodu- kui välismaistes väljaannetes. Heino Lõiveke oli populaarne esineja Eesti Raadio ja Eesti Televisiooni saadetes "Põllumehe tund", "Kasulikku nõuannet", "Viljaveski", "Vaata aeda" ning "Aiasaade".

Autasustatud EMMTUI tänumedaliga Külva 2002. a ja EV Põllumajandusministeeriumi hõbedase teenetemärgiga 2014. a.

Heino Lõiveke oli hea poeg oma emale ja abivalmis kolleeg. Oma kodukülla Meremäele ehitas maja, korrastas kõrvalhooned ja rajas suure viljapuuai. Aktiivne osaleja ühiskondlikus töös, külalislahke majutaja oma maamajas ja ekskursiooni-juht Setomaal.

Heino Lõiveke on maetud Vastseliina kalmistule.

Kirjutas Erika Vesik

Ants-Johannes Martin

21.08.1946 – 25.06.2017

Ants-Johannes Martin (sõpradele ja kolleegidele Ants) sündis Ida-Virumaal Mäetagusel 21. augustil 1946. aastal paljulapselise pere viimase lapsena. Isa ja ema olid sügavalt usklikud inimesed, sealt sai Ants ellu kaasa kristlikud tööekspidamised ja väärtused. Õppis aastatel 1953–1961 Mäetaguse 7-aastases koolis ning aastatel 1961–1965 Kohtla-Järve V Keskkoolis.

Kodukoha kaunis loodus ja tema loomumane uudishimu elu eri aspektide vastu viis ta haridusteed jätkama 1965. aastal Eesti Põllumajanduse Akadeemiasse zootehnikateaduskonda, kuid juba järgmisel, 1966. aastal läks ta bioloogiat õppima Tartu Riiklikku Ülikooli (TRÜ). Ülikooli lõpetas ta 1971. aastal bioloog-zooloogina ja asus sama aasta sügisel tööle TA Zooloogia ja Botaanika Instituuti (TA ZBI), alguses aspirandina, hiljem nooremteaduri ja teadurina. Tema uurimisteeneks said sipelgate sotsiaalse homöostaasi probleemid. 1994. aastal kaitses ta teadusmagistri kraadi entomoloogia erialal ning 2000. aastal doktorikraadi EPMÜ loodusteaduste doktorinõukogus metsaökoloogia erialal ("Kadmiumi mõju kuklasepesade sotsiaalsele homöostaasile ja kuklaste kasutamine keskkonnasaaste bioindikatsioonis"). Doktoriope raames täiendas teadmisi välismaa ülikoolides: 1997. a Norra Põllumajandusülikoolis; 1999. a Taani Aarhuse Ülikoolis ("Sotsiaalsete putukate käitumine"); 2000. aastal Itaalia Perugia Ülikoolis ("Integreeritud ja säästva arengu strateegia maaelu arengus"). Alates 2002. aastast kuni pensionile minekuni oli Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi vanemteadur.

Antsu tegevus oli aastaid seotud peamiselt sipelgate ja nende kaitsega, kuid huvitus ka mesilastest, kimalastest ning tolmeldamise küsimustest. Metsakuklased arvati 1958. aastal looduskaitsealuste liikide nimekirja kui olulised ja metsa majandamise tõttu ohustatud putukad. Sellega kaasnes kuklasepesade paljundamise kampaania eelkõige metsakaitse eesmärkidel. Tol ajal olid teadmised pesade ümberasustamisest napid ning nende tööde tõhusus väike, peaaegu pooled ümberasustatud pesadest hävisid. Sipelgate elu põhjaliku tundjana täiustas Ants pesade ümberasustamise metoodikat nii, et see oli alati edukas. Seda metoodikat kasutati praegugi sipelgate ümberasustamisel. Ta oli sipelgate esimese tehisasurkonna Põlvamaale Akstesse loomise initsiaator ja teostaja, sellest on nüüdseks kujunenud ligikaudu 400 pesast koosnev sipelgaasum. Aastate jooksul tõusis lisaks uute sipelgapesade rajamisele esiplaanile hoopis metsakuklaste asurkondade kaitse. Koostöös metsameestega töötas ta välja kuklasehoidlikud metsauuendusviisid, mis tagasid asurkondade säilimine, aga samas püsis ka maaomanikel võimalus saada oma metsadest jätkuvalt tulu.

Koos Vambola Maavaraga (Vamboga) rajas Ants 1978. aastal Akstesse metsakuklaste looduskaitseala ning samasse ka tolle aja kohta hästi sisustatud labori- ja eluhoone. See aitas saada süvendatud teavet sipelgate käitumise ning nende füsioloogia kohata. Juba järgneval, 1979. aastal korraldati Vambo ja Antsu eestvedami-

sel Akstes üleliiduline sümposium "Sipelgad ja metsakaitse". See kõrgetasemeline sümposium avas Eesti sipelgaurijatel Nõukogude Liidus rohelise tee kõikidele ühiseluliste putukate konverentsidele ja sümposiumitele ning üle aegade kestva süvendatud koostöö vene kuulsate sipelgaurijatega.

Uuel sajandil aitas ta innustunult rajada laanekuklase asurkondade kaitseks looduskaitsealad Alatskivi-Padakõrve, Aravusse ja Haavametsa. Töötas välja nende alade kaitse- ja külastuskorralduskavad. Pikaajaline metsakuklaste seireala asus tal ka Hiiumaal Paladel. Sealsetesse vaatlustesse ja mõõtmistesse oli maast-madalast rakendatud tütar Anne.

Antsu töid hinnati mitmete preemiatega. 1974 sai ta I preemia TA ZBI noorte teadlaste teadustööde konkursilt. 1976. aastal III preemia ülevabariigiliselt mesinussaaduste tootmise ratsionaalsete meetodite konkursilt. Aastatel 1999–2000 sai ta Ülemaailmse Eesti Kesknõukogu stipendiumi. Ta kuulus töögruppi (Marika Mänd, Reet Karise ja Ants), kes sai 2008 aastal Eesti Vabariigi teaduspreemia "Tolmeldajad ja kultuurtaimede tolmeldamist mõjutavad tegurid" eest. 2011. aastal hinnati tema tööde tsükkel "Mesilaselaadsete soodustamine kultuurtaimede efektiivsemaks tolmeldamiseks ja kuklasepesade ümberasustamine aedadest" EMÜ-s teaduse populariseerimise konkursil I preemia vääriliseks.

Ta juhendas EMÜ, Tallinna Ülikooli ja Tartu Ülikooli tudengite lõpu-, baka- ja magistritöid ning tema sulest ilmus arvukalt nii teaduslikke kui populaarteaduslikke artikleid. Ta oli aastaid tuntud teaduse populariseerija, keda kutsuti tema huvi ja tegevusala tõttu sipelgavanaks. Isegi Tairiga abiellumise päeval oli pulmakülalistele koos noorpaariga ette nähtud ekskursioon Akste sipelgate juurde. Ants valgustas seal külalisi sipelgate pulmakommetest. Võib julgelt öelda, et ta oli üks esimesi, kes rahvusvahelisel tasemel tutvustas sipelgaturismi ja võimalusi, mis-moodi ka koolid võiksid õues õpeks sipelgakaitsealasid kasutada. Tema humoorikad ja kaasakiskuvad ettekanded sipelgate elust ja kaitsest olid alati oodatud teabepäevadel, koolides ja Ahhaa näitustel. Rõõmsameelse ja ettevõtliku inimesena oli ta alati lahkelt valmis nõu ja jõuga aitama paljudes küsimustes. Ants oli äärmiselt hooliv pereisa: ta kasvas koos Tairiga üles poja ja tütre ning tütar Annest saigi isa töö jätkaja ning sipelgaelu asjatundja. Antsul oli õnn olla ka vanaisa.

Ta oli usklik inimene, kes ristiti 1. oktoobril 1946. aastal Iisaku koguduses. Leiris käis ta 1992. aastal Tartu Pauluse kirikus. Alates 2001. aastast oli ta Pauluse kirikukoguduse nõukogu liige ja aastatel 2005–2017 juhatuse liige. 1. oktoobril 2006 seati ta võõrmündri ametisse, milliseid ülesandeid täitis ta kuni lahkumiseni igavikku.

Ants-Johannes Martin lahkus taevastele teedele 25. juunil 2017. aastal ning ta on maetud Ida-Virumaale, kodusele Mäetaguse kalmistule.

Antsu eluloo kirjutasid Marika Mänd ja Luule Metspalu

Johannes Müür

15.02.1942 – 06.03.2020

Johannes Müüri sünnikodu asus Põltsamaa lähisel Neaurmes, õppis Lustiveres põhikoolis. Põllumajandushariduse omandas ta Olustvere Põllumajandustehnikumis, mille lõpetas 1964. aastal ja samal aastal asus tööle Sakus EMMI taimekaitse osakonna vanemagronoomina. Töö kõrvalt õppides lõpetas 1976. aastal Eesti Põllumajanduse Akadeemia õpetatud agronoomina ja 1978. aastal viidi ta üle taimekaitse osakonna teaduriks. Asus uurima kõrsheinte ja teraviljade seemnepõldude kahjurite liigilist koosseisu, levikut, tekitatava kahju suurust ja tõrjevõimalusi. Koostöös ZBI teadlastega koostati kaera-kiduussi leviku kaart. Suviste ekspeditsioonide käigus tehti marsruutvaatlusi ja koguti taimeproove põllukultuuride haiguste ja kahjurite määramiseks ning tuulekaera leviku kohta Eestis.

Taasiseseisvumine seadis põllumajanduse ette uued ülesanded ja toimus üleminek projektipõhisele uurimistööle ja integreeritud taimekaitsele. Johannes Müür kohanes hästi uute nõuetega ja jätkas uute taimekaitsevahendite põldkatsete korraldamist ning soovitude väljatöötamist.

Johannes Müür oli kaasautor teraviljakasvatuse käsiraamatu (1999) ja taimekaitse soovitude koostamisel. Tema uurimused on kajastatud arvukates artiklites, kogumikes ja perioodikas. Osales lektorina talvistel õppepäevadel ja suvistel põllupäevadel katsete tutvustamisel.

Johannes oli spordipoiss: Lustivere koolis ta poksis, Olustveres maadles ja mängis võrkpalli. Ja kolm esimest suusapaari meisterdas esimestes klassides ise. Suusatas kogu elu ja käis Tartu maratonidel. Kuulus instituudi võrkpalli esindusvõistkonda ja mängis sõprusvõistlustel naaberriikide instituutide vastu. Osales aastaid Tartu jalgratta rallil ja maratonidel. Oli Saku suusaklubi aktiivne liige ning vallavolikogu liige ja abipolitseinik. Kuulus kaks perioodi valla volikogusse.

Eluloo pani kirja Erika Vesik

Peet Talvoja

05.09.1937 – 07.10.2017

Taimekaitseteadlane Peet Talvoja on sündinud Pärnus. Lõpetas EPA 1961. aastal õpetatud agronoomina ja 1965. aastal Velikije Luki Põllumajandusinstituudi taimekahjurite ja -haiguste erialal. Aastatel 1966–1969 õppis aspirantuuris. Stažeerinud 1976. aastal Moskvas ja 1989. aastal Leningradis. Põllumajanduskandidaadi väitekirja teemal 'Mullafungitsiidide mõju keskvalmivate ja hiliste kapsasortide haiguskindlusele' kaitses Tartus 1971. aastal. Samal aastal asus tööle EMMI taimekaitse osakonna nooremteadurina ja hiljem töötas samas vanemteaduri ametikohal. Uuris teraviljahaiguste tõrjevõtteid, nagu puhtimine, fungitsiidide kasutamist nõgihaiguste, juuremädanike, lumiseene ja lehelaiksuste vastu, samuti pestitsiidide kasutamist koos teravilja kasvustimulaatoritega. Aastast 1990 oli vanemteadur teaduskeskuses EVIKA. EVIKA-s töötades uuris kartuli-lehemädaniku tekitaja *Phytophthora infestans* resistentsuse ja kahjustusega seotud probleeme erinevatel kartulisortidel ja meristeemkloonidel. Oma katsetulemuste kohta on Peet Talvoja avaldanud arvukalt artikleid teaduskogumikes ja põllumajanduslikes ajakirjades ning jaganud nõuandeid agronoomidele loengutel ja seminaridel.

Olnud NSVL PM juures töötava Pestitsiidide Riikliku Komisjoni fungitsiidide töögrupi ja Taimekaitse Seltsi liige. Aktiivse spordimehena osales pikamaa jooksul Tallinnas ja Viljandi ümber järve jooksul ning jalgrattamatkadel. Oma kodust Nõmmel Sakku jõudmiseks ei kasutanud ühistransporti.

Eluloo pani kirja Erika Vesik

Toivo Univer

Toivo Univer sündis (24.12.1940) omaaegses Mäe vallas Petserimaal, kus isa Peeter Univer töötas Igrise koolis õpetajana. Õppis Räpina Aiandustehnikumis ja lõpetas tehnikumi noorem- aiandusagronoomi kvalifikatsiooniga (diplom nr. 179445). Jätkas õpinguid EPA kaugõppe- teaduskonnas 1959. a ja lõpetas õpetatud agronoomina 1967. aastal. Kõrgkoolis tekkinud janu uute teadmiste järele ja töökoht Polli teadusasustuses ärgitas õpinguid jätkama EMMTUI juures aspirantuuris (1970–73, juhendaja professor Aleksander Siimon). Kaitses põllumajandusteaduste kandidaadi kraadi teemal „*Õunapuusortide ja -vormide uurimistulemused Eesti NSV-s*“ (1981, Moskva Mittermustmullavööndi Tsonaalne Aianduse TUI). Täiendas teadmisi Moskva RÜ-s (puuviljakultuuride selektsioon, 1985), Ukraina Taimekasvatuse, Selektiooni ja Geneetika TUI-s (Harkov, matemaatilised meetodid geneetikas, 1986), Mitšurinski Geneetika Kesklaboratooriumis (matemaatilised meetodid puuviljanduses, 1987) ja mujal. Omaaegne Kõrgem Atestatsioonikomisjon on Toivo Univerile omistanud vanemteaduri kutse selektsiooni ja seemnekasvatuse erialal (1989, diplom nr. CH 059349).

Toivo Univer on läbi elu olnud põhjalik ja järjekindel. Seda võib välja lugeda jälgides tema karjäärialast edenemist teadus- ja õppeasutustes. Pärast Räpina Aiandustehnikumi lõpetamist alustas tööd EMMTUI Polli katsebaasis aiandus-õpustööliselena (1958), olnud samas aiabrigadir (1966–1967) ja aiandusagronoom (1967–1970), aspirantuuri järel jätkanud nooremteaduri (1973–1986) ja vanemteadurina (1986–1995), pärast Polli liitumist EPMÜ-ga Polli Aiandusinstituudi teadusdirektorina (1995–1998) ning direktorina (1998–2003). Hiljem on töö jätkunud vanemteaduri (2003–2015) või erakorralise teaduri ametikohtadel (2016....) olles ühtlasi õunviljaliste töörühma projektijuht Pollis. Õpiaastatel EPA kaugõppeteaduskonnas (1958–1968) on töötanud õpetajana Hallistes, aednikuna Luual, aiandusagronoomina Tõrva sovhoosis ja teeninud Nõukogude armees.

Toivo Univer on kohakaasluse alusel viinud läbi õppetööd. Oli Halliste 7-kl kooli bioloogiaõpetaja (1958–1960), EPMÜ Agronoomiateaduskonna aiandusinstituudi vanemõpetaja (1987–1989), dotsent (1989–1992) ja professor – instituudi juhataja (1992–1994), edasi dotsent (1994–2002). Õppejõuna on Toivo Univer EPMÜ-s lugenud üliõpilastele puuviljakultuuride ja pomoloogia loengukursuseid, juhendanud arvukalt bakalaureuse ja magistritöid. Tema juhendamisel kaitsesid põllumajandusmagistri teaduskraadi aianduse erialal Kadri Karp (1995), Virge Vasar (1966), Kalle Kõllamaa (1997), Ahto Laur (1998), Kersti Kahu (1999, kaasjuhendaja), Madli Jalakas (2003), Krista Tiirmaa ja Neeme Univer (2004), Juta Lopp (2006).

Toivo Univeri vastutusvaldkonda Pollis kuuluvad õunapuu, pirnipuu ja lühe- mat aega ka astelpaju uurimine. Õunapuudel ja pirnipuudel uuritakse geenivaramu raames kollektsionaeda kogutud Eestis aretatud või introductseeritud sorte ja aretisi, millele lisandub uurimistöö pookealuste kollektsioonis. Samal ajal tegeleb ta aretustööga. Tema osalusel on aretatud sort 'Punane talvenauding'. Tegi ette-

paneku võtta tuntud sordina sordiregistrisse Kalju Kase (Polli) ja Laila Ikase (Dobele, Läti) poolt aretatud kärntõvekindlad õunapuusordid 'Virve' ja 'Kalju' (2018). Viimase paarikümne aasta vältel on peatähelepanu kulunud maailma kärntõvekindlate õunasortide uurimisele ja kohapealse oma sordi loomisele. Sellesuunalise töö resultaadina on perspektiivsed omamaised õuna- ja pirnipuu aretusnumbrid olnud juba väljas aiandusnäitustel. Parimad neist on paljundamisel ja esitatakse UPOV-i katsetusse, mis toimuvad Poolas. Jätkuvad uurimistööd õunapuu pookealuste aretuse ja kasvatuse alal. Projektipõhise finantseerimise tulemusena on tulnud osaleda ka paljudes kõrvalvaldkondi käsitlevates uurimisprojektides, mistõttu arvukas teaduspublikatsioonide amplituud leiavad käsitlemist puuviljanduse väga erinevate tahude. Taimekaitse valdkonda asetub projekt „Taimekaitsevahendijääkide ning lisa- ning saasteainete sisaldus puuviljades ja marjades“ (2010–2014), mille raames uuriti pestitsiidijääkide esinemist õuntes, mustsõstras ja maasikas. Samuti jälgiti seda istanduse mullas, võrreldi tava- ja maheistandusi (vt. *Eesti taimekaitse* 95, 2016). Pisteliselt uuriti pestitsiidijääkide esinemist astelpaju marjades, mesilaste kärjevahas ja suiras.

Elavat vastukaja leidis tema kirjanduse ülevaate artikkel „Astelpajukärbes (*Rhagoletis batava* Her.) on uus ohtlik taimekahjur Eestis“ (*Taimekasvatusteaduste uuringud Eestis*, 2017). Viimastel aastatel, kui kahjur hävitab paiguti astelpaju saaki sel määral, et marjakoristusest loobutakse, tajuvad tootjad pakilist vajadust tõrje meetodite uurimiseks.

Toivo Univer on raamatute *Eesti puuvilja- ja marjasordid* (2006) ning *Puuviljad ja marjad Eestis. Pomoloogia* (2010 ja 2012) üks autoritest. Toivo Univer on huvitunud põllumajanduse ajaloost, kirjutanud puuviljanduse peatüki koguteosele *Eesti põllumajandus XX sajandil – aastad 1900–1940* (2006), artikli „Pomoloogia õpperaamatu saamisluhu“ artiklite kogumikus *Spuhl-Rotalia* (2010) ning ajaloolise ülevaate puuviljanduse alase uurimistööst Pollis 75 tegevusaasta vältel raamatus *Eesti Taimekasvatuse Instituut 100* (2020).

Osaleb Eesti esindajana puuviljandusvaldkonna rahvusvahelistes teadus- ja arendustegevuse projektides, on hinnatud esineja nii kodu- kui välismaistel teaduskonverentsidel.

Sügavalt eriala tundva spetsialistina on Toivo Univer kuulunud hinnatud liikmena Eesti Põllumajandusülikooli, Taimebiotehnoloogia Uurimiskeskuse EVIKA ja loomulikult ka Polli Aianduse Instituudi teadusnõukogusse. Ta on Eesti Aiandusliidu puuviljanduse ekspertkomisjoni liige ning maaeluministeeriumi konsulentide atesteerimiskomisjoni ekspert.

Toivo Univer on Eesti Looduskaitse Seltsi, A. Kitzbergi Sõprade Seltsi ja Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi (samas kauaaegne eestseisuse) aktiivne liige.

Pikaajase tulemusliku töö ja ühiskondliku aktiivsuse eest on Toivo Univer pälvinud Viljandimaa Vapimärgi, Eesti Maaülikool on tunnustanud teda teenete medaliga, Eesti Põllumajandusministeerium hõbedase teenetemärgiga.

Koos abikaasa Irenega on peres üles kasvatatud kolm tublit last, neil sirgub kuus lapselast. Poeg Neeme koos abikaasa Kristaga on astunud isa jälgedes. Aastal 2004 kaitses Neeme Univer edukalt põllumajandusmagistri teaduskraadi – väitekirja teema: *Õunapuu nõrga- ja keskmisekasvuliste kloonide uurimise tulemusi*.

Käesoleval ajal tegutsevad nad koos perega mahe õunakasvatustalus. Tütar Anu töötab koos abikaasa Marttiga keskpangas rahapoliitika alal, poeg Paavo on läbinisti tehnikamees.

Toivo Univere eluloo kirjutas Ants Bender

Erika Vesik

Erika Vesik (Meikar) on sündinud 27. detsembril 1934. aastal Virumaal Palmse vallas Võhma külas. Juba enne kooli algas karjalapse amet, mis kestis kaheksa pikka suve. Koolitee algas Võhma algkoolis 1942. a. saksa valitsuse ajal kui esimesed kaks aastat õpetati ka usuõpetust. Kool oli väga eestimeelne, pühitseti kõiki riigi- ja kirikupühi, õpiti selgeks isamaalised laulud. Kuna lugemishuvi oli alanud juba varakult, siis kooli raamatukapp võimaldas lugeda läbi kõik seal leiduvad "Looduse kuldraamatud", mis peagi kadusid. Kolmandal aastal tuli uus riigikord ja uued suunad õppetöös. Seitsmenda klassi lõpetas Võsu 7 kl. Koolis 1949. aastal. Siis tuli olude sunnil jääda esialgu koju ja töötada vastloodud kolhoosis. Koolitee jätkuks õppis Arkna üheaastases põllumajanduskoolis loomakasvatust ja suunati tööle Loksa rajooni Kolga zoovetjaoskonda zootehnikuks. Keskhariduse ja nooremagronoomi kutse omandas Kehtna Kolhooside Esimeeste Ettevalmistamise Põllumajandus Keskkoolis, mille lõpetas 1956. aastal. Seejärel töötas agronoomina Pärnu rajooni kolhoosis Võidulipp. 1964. aastal lõpetas Eesti Põllumajanduse Akadeemia õpetatud agronoomi diplomiga. 1966. aastal asus tööle Eesti Maaviljeluse Instituudis taimekaitse osakonna agronoomina E. Kaarepi juures kartuli kloonmeetodil tervendamise ja viirushaiguste massilise määramise aparatuuri juurutamise alal. Aspirantuuris 1970–1972. Edasine töö jätkus taimekaitse osakonna nooremteadurina kartulipõldude keemilise umbrohutõrje efektiivsuse uuringutega. Dissertatsiooni põllumajandusteaduste kandidaadi teadusliku kraadi taotlemiseks teemal "Keemiline umbrohutõrje kartulipõllul Eesti NSV kamar-karbonaatmuldadel" kaitses 1984. aastal Valgevene Maaviljeluse Teadusliku Uurimise Instituudis Žodinos. Hiliisemaks uurimisteemaks sai kartulahaiguste tõrjeks sobivate fungitsiidide leidmine ja seemnekartuli puhtimise juurutamine. Olulisel kohal oli kartuli lehemädaniku tõrjepreparaatide katsetamine. Töötamine instituudis lõpetati 1996. Lepingulised tööd suveperioodil kestsid aastani 2007. Pikka aega osalenud eliit-seemnekartuli tunnustamise komisjonis. Eesti Taimekaitse Seltsi ja Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi liige. Erika Vesik on olnud aktiivne ametiühingu komitee liige ja kodundusklubi esinaine. Pensionärina töötas Turu-uuringute AS küsitlajana 2003–2009. a. Kirjandushuviline ja vajaduse korral kirjutab ka ise midagi. Suvel pühendub koos perega aiatööle ja maakodu korrashoiule.

Bibl. Keemiline umbrohutõrje kartulipõllul, 1986; Taimekaitse juhend kartulikasvatuse intensiivtehnoloogias, 1987; Kartulikasvatus Soomes, 1988, referaat; Taimekaitse, pühendatud Ilme Randalu 75. sünniaastapäevale, 1993, koostaja; Kartulikasvatus. Agronoomiline teatmik, 1996, koostaja. Üle 120 artikli.

Artur Villemsoo

12.10.1935 – 19.01.2021

Artur Villemsoo sündis 12. oktoobril 1935. aastal Tartumaal. Ta lõpetas 1954 aastal Tartu Raudteetranspordi Tehnikumi kuid otsustas kõrghariduse omandada põllumajanduse alal. Villemsoo õppis Eesti Põllumajanduse Akadeemia agronoomia-teaduskonnas ning lõpetas selle 1961. aastal. Peale akadeemia lõpetamist asus ta 1. jaanuaril 1961. a tööle äsja tegevust alustanud Vabariikliku Taimekaitsejaama Viljandi piirkonna taimekaitse vanemagronoomi ametikohale. 1963. aasta novembris määrati Artur Villemsoo Vabariikliku Taimekaitsejaama direktori kohusetäitjaks ning juulis 1964 kinnitati ta direktori ametikohale.

Artur Villemsoo ees seisid suured väljakutsed taimekaitseteenistuse väljakujundamisel, et tagada efektiivne ja keskkonnahoidlik taimekaitsevahendite kasutamine vabariigi põllumajandusettevõtetes. Asutus alustas tööd väga kitsastes tingimustes, keskaparaadi kasutada oli ainult 3 tööruumi Eesti Maaviljeluse ja Maa- ja Paranduse Teadusliku Uurimise Instituudi (EMMTUI) hoones. Taimekaitsejaam oli küll oma loomisest möödunud paari aasta jooksul hakanud vabariigis edukalt tegutsema taimekaitse korraldamisel ning taimekaitsevahendite kasutamise juhendamisel ja järelevalvel, kuid puudus oli sõidukitest ja muudest vajalikest töövahenditest. Ruumipuuduse tõttu ei olnud võimalik vajalikul määral arendada biotõrjet, teostada monitooringuid kartuli-kiduussi leviku uurimiseks jne.

Eesti NSV-s oli sel ajal ka osaliselt NSVL Põllumajandusministeeriumi poolt finantseeritav ja kureeritav Taimekahjurite ja -haiguste Arvestuse ning Prognooside Sektor, mis moodustati 1. jaanuarist 1958. a EMMTUI taimekaitse osakonna juurde, kuid sama aasta märtsis viidi see põllumajandusministeeriumi otsealluvusse. Sektori ülesandeks oli vaatluste teostamine olulisemate taimekahjurite ja -haiguste ilmumise, arengu ja leviku tuvastamiseks. Kuna nende tegevus oli tihedalt seotud ning Taimekaitsejaama tegevust toetav, siis tõstatas Artur põllumajandusministeeriumis mõtte ühtse taimekaitseteenistuse loomiseks. Idee leidis toetust ning 1. maist 1967. a anti nimetatud sektor Taimekaitsejaama koosseisu.

Artur Villemsoo mõistis, et kaasaja ja tuleviku nõuetele vastava taimekaitseteenistuse arendamiseks on hädavajalik ehitada asutusele oma hoone. Selle idee ellurakendamisel avaldusid Arturi organiseerimisvõime, püsivus ja sihikindlus püstitatud eesmärkide saavutamiseks. Palju vaeva ja selgitamist tuli näha hoone vajalikkuse selgitamiseks. Artur Villemsoo suutis kõik raskused ületada ning Eesti NSV Ehituskomitee andis 5. oktoobril 1966. a nõusoleku Vabariikliku Taimekaitsejaama hoone projekteerimiseks individuaalprojekti alusel. Hoonesse nähti ette ruumid ka Eesti Agrometeoroloogia Laboratooriumi tarbeks.

Hoone projekteerijaks oli üks Eesti tunnustatumaid arhitekte Valve Pormeister. Projekti eripäraks oli veel see, et ühtlasi koostati ka hoonet ümbritseva kinnistu haljastusprojekt ning lisaks hoone siseinterjööri projekteeriti eritellimuse alusel valmistatav mööbel hoone kõikide ruumide tarbeks. Tollastes oludes oli muidugi

keeruline projekteerida hoone sellise ruumiprogrammiga, mis võimaldaks ka uute tulevikus kavandatavate küsimuste lahendamist. Kehtivate normide ja eeskirjade tõttu ei lubatud näiteks suuremat nõupidamissaali teha ning hiljem asutuse laienedes osutuskki see ürituste korraldamiseks kitsaks. Arturi visa ja sihikindla selgitustöö tulemusel saadi siiski suurem osa kavandatud projektis kajastatud.

Palju probleeme tuli lahendada ka hoone ehitamise käigus. Ehitustöid alustati algul EMMTUI poolt, kuna neil oli kapitaalehituse osakond ja ministeeriumis arvati vist, et väike asutus ei saa nii mahuka töö korraldamisega hakkama. Artur sai aru, et kui hoone tellija on ehituse valmides EMMTUI, võib see tekitada suuri probleeme ning osa ruumidest võidakse nende poolt ära võtta. Artur suutis ministeeriumile põhjendada hoone ehitamise korraldamise olulisust tegeliku tellija poolt ning 1971. aastal anti hoone üle Taimekaitsejaama bilanssi. Koos oma lähimate abiliste: asetäitja Sulev Uusna ja peaaagronoom Ruuta Kuusksaluga viidi hoone ehitus eduka lõpptulemuseni. 1973. aasta detsembris sai Artur Villemsoo nautida oma sihikindla tegevuse vilju ja tellijana allkirjastada hoone eksploatatsiooni andmise akti. Arturi eelamus ruumide jagamise osas osutus tõeks, sest EMMTUI esitas taotluse ruumide eraldamiseks taimekaitse osakonnale. Küsimust tuli lahendada Ministrite Nõukogu esimehe I asetäitja Edgar Tõnurist. Artur suutis veenvalt selgitada ruumide hädavajalikkust taimekaitsejaama tegevuseks ja arenguks ning ruumid taimekaitse osakonnale eraldati Eesti Agrometeoroloogia Laboratooriumile ettenähtud ruumide arvelt. Teadustöötajate ja taimekaitseteenistuse töötajate paiknemine ühes hoones oli aga lõppkokkuvõttes arengut ja koostööd soodustav tegur. Läbisaamine kahe asutuse vahel oli tihe ja olime kursis üksteise tegevusega ning neid teadmisi saime oma tegevuses mõlemad kasutada.

Uue hoone valmimine võimaldas hakata tegelema süvendatult bioloogiliste tõrjevahendite uurimise, tootmise ja nende kasutamise juurutamisega katmikala majandites. 1990. a alguseks oli kõigis suuremates katmikala majandites kahjurite keemiline tõrje peaaegu täielikult asendatud bioloogilise tõrjega. Oluliselt laiendati kartuli-kiduussi leviku uurimist ning mullaproovide analüüsimist. Avar ning kaasaegse sisustusega helmintoloogia laboratoorium võimaldas analüüsida kartuli-kiduussi avastamiseks 1985. aastaks kokku 1,8 miljonit mullaproovi.

Artur taotles seoses uue hoonega NSVL Põllumajandusministeeriumi Taimekaitse Peavalitsuselt toksikoloogia laboratooriumi sisseseadet ning meile eraldati Ungaris toodetud täiskomplektne laboratooriumi sisustus. Saime ka taimekaitsevahendite jääkide määramiseks gaaskromatograafi Tsvet-106. Peab märkima, et Arturil oli üldse oskus kasutada Moskva ametivõime ära asutuse hüvanguks mitmesuguste hüvede ja fondide eraldamisel. Ta on meenutanud oma tegutsemist Taimekaitsejaamale mikrobusi hankimiseks üleliidulisest fondist: „valmistasin ette vastava taotluse ja sõitsin Moskvasse kohtuma Taimekaitse Peavalitsuse juhatajaga, tema juurde pääsemisega oli hulk sekeldusi. Kui vastuvõtuks luba ja kokkulepe olemas, siis selgus, et see ülemus oli ootamatult sõitnud komandeeringusse Kaukaasia suunas. Artur oli siis kiirrongiga sõitnud kuhugi teepeale ette, asus jaamas kus rongid kohtusid teisele rongile ning kohtus kupees Peavalitsuse ülemaga. Ühise teejoomise ja ka kangema pruukimise ajal soodsal hetkel ulatas Artur taotluse ning sai lubava resolutsiooni!

Tõele au andes ega Artur endise spordimehena alkoholi pruukija ei olnud, kuid nagu öeldakse eesmärk pühitseb abinõu. Saime siis Jelgavast tuua uue RAF mikrobussi, tollal oli neid Eestis veel vähe ja olime uhked selle üle.

Artur Villemsoo pühendas palju tähelepanu töötajate erialase kvalifikatsiooni tõstmisele. Korraldati taimekaitseagronoomide täienduskursusi nii Eesti Põllumajanduse Akadeemias kui ka Venemaa õppeasutustes. Hea koostöö oli ka taimekaitsealaseid teadusuuringuid teostavate asutustega nii Eestis kui ka teistes liiduvabariikides, eesmärgiga juurutada teaduse saavutusi põllumajandusettevõtetes. Väga hea koostöö oli Taimekaitsejaamal Eesti Põllumajanduse Akadeemia zooloogia ja entomoloogia kateedriga, eriti dotsent Leida Leivategijaga kes osales paljudel üritustel ja haris meie spetsialiste teadmistega kahjuritest ja tõrjevõtetest.

Artur algatas ka koostöö Läti ja Leedu taimekaitsejaamadega, mille tulemusena korraldati kordamööda suviseid kokkutulekuid, kus vahetati kogemusi aktuaalsete probleemide üle taimekaitse korraldamisel. Toimusid ka spordi- ja kultuuriüritused. Esimese kokkusaamise korraldaja oli 1968. aastal Eesti, kokku toimus 4 taolist kokkutulekut, kuid peale 1971. aastat neid kahjuks enam ei korraldatud.

Artur pidas tähtsaks ka asutuse kollektiivitunde kasvatamist, mis on eriti oluline vabariikliku asutuse puhul, sest eri rajoonides paiknevad töötajad saavad harva koos viibida. Tekkis mõte otsida Läänemaale mere lähedale talukoht, millest kujundada õppe- ja puhkekeskus. Otsingute tulemusel jõuti Noarootsi poolsaarele Einby külla, kus kuuldes meie otsingutest, tegi üks üksik vanahärra ettepaneku hakata tema juures käima. Taimekaitsejaama töötajad abistasid teda, vahetati amortiseerunud õlgkatus eterniidiga ja tehti muid vajalikke korrastustöid. Talu omanik Eduard Mattiesen kiindus väga meie seltskonda ja olime tema juures oodatud külalised. Eriti meeldis talle asedirektor Sulev Uusna, kellele ta pärandas oma maja. Peale tema surma kinkis Sulev Uusna selle kinnistu Taimekaitsejaamale. Artur tellis arhitektilt renoveerimisprojekti ning suures osas oma töötajate kätega remonditi hooned. Puhkebaasis korraldati tihti nõupidamisi ja õppepäevi ning asutuse töötajatele kujunes see armastatud puhkekohaks. Puhkebaas oli Taimekaitsejaama ja tema õigusjärglaste kasutuses kuni 2016 aastani, mil anti see üle kohalikule vallale.

1980. aastal edutati Artur Villemsoo põllumajandusministeeriumi Teadus- Tootmiskoondise Eesti Põllumajanduskeemia esimehe asetäitjaks ja ühtlasi Taimekaitse Valitsuse juhatajaks. Taimekaitse Valitsuses töötades pööras ta palju tähelepanu taimekaitsevahendite hankimisele üleliidulistelt varustusorganitelt, et tagada vabariigi põllumajanduses uue põlvkonna ning keskkonnale ohutumate taimekaitsevahendite kasutamine. Nendel aastatel ostis Nõukogude Liit kapitalistlikest riikidest efetiivseid ja ohutumaid pestitsiide võrreldes nendega, mida ise suudeti toota. Artur Villemsoo nägi siin head võimalust saada oma osa ka meie vabariigi põllumeestele. Ta korraldas NSVL Taimekaitse Peavalitsuse nõusolekul Viru kolhoosis firma Ciba-Geygi fungitsiidi ridomiil katsetused, mis osutus kartuli lehemädaniku tõrjel väga efektiivseks. See pani aluse ridomiili suurematele tarnetele ning edasise koostöö firmaga ka teiste taimekaitsevahendite osas. Aiandusmajandites oli väga nõutud kapsa umbrohutõrjes kasutatav semeroon, ka selle herbitsiidi Eesti eraldatava fondi suurendamiseks andis Artur suure panuse.

Aprillist 1987 kuni 1994 töötas Artur Villemsoo Vabariikliku Taimekaitsejaama prognoosi labori juhatajana ning aastatel 1994–1997 Riigi Taimekaitseameti nõunikuna. Sellesse perioodi jääb tihe koostöö taimekahjustajate ilmumise, arengu ja leviku alal Soome taimekaitseteenistuse kolleegidega.

Artur Villemsoo idee oli taastada nõukogude okupatsiooni perioodil katkenud Taimekaitse Edendamise Ühingu töö. 19. septembril 1991. a moodustati ühingu õigusjärglasena Eesti Taimekaitse Selts, esimeheks valiti Artur Villemsoo. Selts tegutseb seniajani, liites paljusid taimekaitse ja põllumajandusega tegelevate asutuste teadlasi ja spetsialiste.

Pensionil olles sai Artur Villemsoo pühenduda Muhus asuva rehielamu renoveerimistöödele ning vana mööbli restaureerimisele. Nooruses tegeles Artur spordiga ning saavutas häid tulemusi kiirkäimises. Ta osales õpingute ajal akadeemia koondvõistkonnas ja hiljem paljudel võistlustel. 1962. aastal saavutas ta esikoha Eesti–Soome maavõistlusel ning oli Viljandi rajooni meister.

Ka pensionil olles oli ta mõtete ja tegevusega taimekaitse juures, tundis huvi arengute vastu ning avaldas kohtumistel oma arvamust taimekaitsealase tegevuse kohta. Aktiivselt osales ta Taimekaitsejaama ja prognoosilabori ümmarguste tähtpäevade tähistamiste ettevalmistamisel ning läbiviimisel. Suurt huvi tundis ta ühe oma elutöö ehk Taimekaitsejaama hoone käekäigu ja seisukorra vastu. Käesolevaks ajaks on sellest saanud Põllumajandus- ja Toiduameti peahoone. Nimetatud asutus tegeleb ka taimekaitse korraldamise ja riikliku järelevalvega, jätkates seda tööd millele pühendas oma elutöö Artur Villemsoo.

Artur Villemsoo suri 19.01.2021. aastal.

Kasutatud kirjandus

25 aastat riiklikku taimekaitseteenistust Eesti NSV-s, Tallinn 1987.

Põllumajandusest, põllumeestest ja elust enesest, Tallinn 2009.

Kaljo Voolma

Kaljo Voolma on sündinud 1. juulil 1948 Läänemaal Velise vallas elanud talunike peres (sünnikoht Kivi.Vigala haigla Vigala vallas). Praeguse administratiivse jaotuse järgi kuuluvad need paigad Rapla maakonna Märjamaa valda. Koolitee algas Velise algkoolis (1955–1959) ja jätkus Päärdu 8-klassilises koolis (1959–1963). Lõpetas Jõgeva Metsamajanduse Tehnikumi (1967) ja Eesti Põllumajanduse Akadeemia (1975) metsamajanduse erialal (mõlemad *cum laude*), sooritas Tartu Ülikoolis kandidaadieksami entomoloogia erialal (1978), läbis kaugõppes sihtaspirantuuri NSVL TA Siberi osakonna V. N. Sukatšovi nim Metsa- ja Puidu Instituudis (Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР.) Krasnojarskis entomoloogia erialal (1978–1982). Kaitses 1983 Krasnojarskis entomoloogia ja ökoloogia doktorinõukogu ees bioloogiakandidaadi väitekirja entomoloogia erialal, väitekirj: Короед *Dendroctonus micans* Kug. в Северной Прибалтике (распространение, экология, хозяйственное значение, принципы защиты леса) [Hiidürask *Dendroctonus micans* Kug. Põhja-Baltikumis (levik, ökoloogia, majanduslik tähtsus, metsakaitse põhimõtted)].

Töötas tehnikumi õppepraktika ajal ja lõpetamise järel Üleliidulise Koondise “Metsaprojekt” Eesti Aerofoto-Metsakorralduse Kontori tehnik-abitaksatorina (1966–1967), läbis sõjaväeteenistuse Nõukogude armees (1967–1969), seejärel töötas lühikest aega Rapla metsamajandi Kuusiku metskonna meistrina ja Märjamaa sovhoosi metsaülemana (1970). Üliõpilasena kutsuti tööle Eesti Metsainstituudi metsakaitse osakonda, kus töötas vaneminsenerina (1973–1978), nooremteadurina (1978–1983) ja vanemteadurina (1983–1996). Kohakaasluse korras töötas ka EPA aianduse ja taimekaitse kateedri assistendina (1977–1978) ja vanemõpetajana (1990–1991), korduvalt osales metsaentomoloogia praktikumide läbiviimisel. Pärast metsainstituudi likvideerimist 1996. aastal oli Eesti Põllumajandusülikooli (EPMÜ) metsandusteaduskonna vanemteadur (1996–1997), EPMÜ metsandusliku uurimisinstituudi vanemteadur (1998–2004) ja metsandusteaduskonna dotsent (2002–2004), EPMÜ metsandus- ja maaehitusinstituudi vanemteadur ja dotsent (2005), Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituudi vanemteadur ja dotsent (2005–2017), alates 2017. aastast emeriitdotsent ja osalise koormusega peaspetsialist.

Õpetanud ülikoolis entomoloogiat, metsaentomoloogiat, metsazoololoogiat ja metsakaitset, viinud läbi metsakaitsealaseid täiendkoolitusi ja õppepäevi. Uurimisvaldkonnad: metsaentomoloogia ja metsakaitse. Avaldanud töid metsaputukate liigirikkuse ja ökoloogia, üraseklaste faunistika ja ökoloogia, metsakahjurite bioloogia ja tõrje alalt, ka metsakaitse ja metsaentomoloogia ajaloost. Osalenud rahvusvahelistes ja kohalikes metsaentomoloogia ja metsakaitse alastes uurimisprojektides ja koostöövõrgustikes (COST, IUFRO, SNS), sh mitmes Eesti Teadusfondi grandiprojektis projektijuhina, samuti Keskkonnainvesteeringute keskuse, Riigimetsa majandamise keskuse jt projektides. Võtnud osa IUFRO metsakaitse ja entomoloogia töörühmade tegevusest, osalenud paljudel rahvusvahelistel konve-

rentsidel ja nõupidamistel. Eksperdina osalenud Euroopa kasvavatel puudel esinevate koore- ja puiduputukate ülevaate (Lieutier et al., 2004. *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis*) ja Euroopa saproksüülsete mardikate punase nimestiku (Nieto, Alexander, 2010. *European Red List of saproxylic beetles*) ning CABI (*Centre for Agriculture and Bioscience International*) elektrooniliste teatmeteoste *Forestry Compendium* ja *Crop Protection Compendium* koostamisel.

Ajakirja *Baltic Forestry* (Kaunas) toimetuskolleegiumi liige (1995–2017) ja kaastoimetaja (1997–2017), ajakirjade *Baltic Journal of Coleopterology* (alates 2001) ja *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis* (alates 2010) toimetuskolleegiumi liige. Eesti Looduseuurijate Seltsi liige (alates 1975) ja selle entomoloogiasektsiooni juhatuse liige ja aseesimees (1993–2008), Eesti Metsaseltsi ja Akadeemilise Metsaseltsi liige (alates 1993), Balti Koleopteroloogiaseltsi (*Baltic Coleopterological Society*) liige (alates 2005).

Avaldanud rohkem kui 350 teaduslikku ja populaarteaduslikku publikatsiooni, sh Eesti ürasklaste (*Coleoptera, Scolytidae*) määraja (1997) ja Eesti putukate levikuatlas 2: Ürasklased – *Scolytidae*. (2000), (kaasautorid Heino. Õunap ja Ilmar Süda) ning *Metsakaitse: metsakahjustused ja nende vältimine* (2000, kaasautor Heino Õunap). Kirjutanud mahukad peatükid raamatutesse *Metsamajanduse alused: õpik kõrgkoolidele* (2011) ja *Mänd Eestis* (2014) ning arvukalt artikleid ürasklastest ja teistest metsaputukatest ajakirjades *Eesti Loodus*, *Eesti Mets*, *Sinu Mets* jt. Koostanud entsüklopeediate artikleid ning metsaentomoloogia ja metsakaitse alaseid õppevahendeid. Juhendanud ülikooli lõputöid, sh diplomi-, bakalaureuse- ja magistritööd ning kaks doktoritööd (Ivar Sibul ja Tiia Drenkhan).

Biograafilisi andmeid:

Eesti entsüklopeedia, 14. kd. (2000), 620; *Eesti Loodus* (2007) 8, 33; *Eesti teaduse biograafiline leksikon*, 4. kd. (2013), <https://www.digar.ee/arhiiv/et/raamatud/56041>; *Jõgevamaa metsad 1918–2018* (2019), 180; *Sada aastat emakeelset akadeemilist metsandusharidust Eestis* (2020), 209; *Who's Who in the World, Marquis Who's Who*, NJ, USA, 2006, 23, 2680; 2008, 25, 2633; 2009, 26, 2826; 2010, 27, 2831; 2011, 28, 2738; 2012, 29, 2497; *Who's Who in Science and Engineering* 2011–2012, 11, 1949.



EMÜ TAIMETERVISE
ÕPPETOOLI TEGEVU-
SEGA SEOTUD INIME-
SED AJAS JA PILDIS



■ 2016. aasta

Reet Karise, Gabriella Kovács, Riina Kaasik ja Jarek, Marika Mänd

Katrin Jõgar, Eve Veromann, Anne Must, Ene Toomingas, Luule Metspalu, Britt Puidet, Anne Luik

Gerit Dreyersdorff, Mahyar Mirmajlessi, Neda Najdabassi, Angela Ploomi, Elen Peetsmann, Eve Runno-Paurson

Liina Soonvald, Kaire Loit, Külli Hiiesaar, Aare Kuusik, Anna Bontšutšnaja

Ivar Sibul, Risto Raimets, Enno Merivee.



■ 2017. aasta

Riina Kaasik ja Jarek, Juhan, Eha ja Mariliis Kruus

Eve Veromann, Anne Must

Luule Metspalu, Katrin Jõgar, Kristiina Palm, Marika Mänd

Kadri Just, Gabriella Kovács, Ene Toomingas, Külli Hiiesaar, Anne Luik

Gerit Dreyersdorff, Kaire Loit, Reet Karise

Aare Kuusik, Sigmar Naudi, Anna Bontšutšnaja, Britt Puidet

Risto Raidmets, Jonathan Martin Willow



■ 2018. aasta

Jonathan Martin Willow

Karin Nurme, Ülle Algma, Marika Mänd

Eha Kruus, Reet Karise, Anne Luik

Luule Metspalu, Riinu Kiiker, Külli Hiiesaar, Elen Peetsmann, Eve Veromann

Angela Ploomi, Enno Merivee, Anna Bontšutšnaja

Aare Kuusik, Kaire Loit, Sigmar Naudi

Liina Soonvald, Gabriella Kovács, Risto Raimets



■ 2019. aasta

Karin Nurme ja Silver, Luule Metspalu, Eha ja Juhan Kruus, Külli Hiiesaar, Angela Ploomi, Tiiu Kõiv, Aare Kuusik, Katrin Jõgar, Egle Liiskmann

Ülle Algma, Anne Must, Kadri Just, Elen Peetsmann, Marika Mänd, Eve Veromann

Norbertas Noreika, Liina Soonvald, Britt Puidet, Riinu Kiiker, Kaire Loit, Anna Bontšutšnaja, Silva Sulg, Jonathan Martin Willow ja Marty, Ronalds Krams



■ 2020. aasta

Riina Kaasik, Marika Mänd, Enno Merivee, Eve Veromann

Kadri Just, Anne Must, Luule Metspalu, Angela Ploomi, Anne Luik, Britt Puidet, Kaire Loit, Ülle Algma

Liina Soonvald, Silva Sulg, Tiiu Kõiv

Kaarel Pent, Ronalds Krams, Risto Raimets, Norbertas Noreika, Margret Jürison, Egle Liiskmann



Muskussikk
(*Aromia moschata*)